



**Miguel Alexandre
Neto Gonçalves**

**INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS DE
VISUALIZAÇÃO E DE ANÁLISE DE
INFRAESTRUTURAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA O
APOIO À DECISÃO**

Trabalho de Projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Software**

Júri

Presidente (Doutor Cláudio Sapateiro, ESTS/IPS)

Orientador (Especialista Cédric Grueau, ESTS/IPS)

Arguente (Doutor Fausto Mourato, ESTS/IPS)

Dezembro 2020

*Dedico este trabalho à minha família,
pelo apoio incondicional e por serem
a minha fonte de inspiração*

Agradecimentos

Este trabalho de projeto vem na sequência da conclusão do curso de Mestrado de Eng.^a de Software e é resultado de alguns anos de formação. A sua realização contou com o apoio e incentivo de diversas pessoas e entidades. Como tal, gostaria de expressar um sincero agradecimento a todos os que possibilitaram a realização deste trabalho:

Ao Professor Cédric Grueau, pela orientação deste trabalho, pela disponibilidade que demonstrou ao longo dos meses, pelos conselhos e sugestões procurando sempre a valorização do trabalho.

À minha família, namorada e amigos por estarem sempre presentes ao longo da minha vida académica e pelo o incentivo e apoio incondicional.

Aos meus colegas, pelo companheirismo demonstrado ao longo dos anos, e lembrando que o sucesso académico também passa pelo trabalho de equipa.

Ao Instituto Politécnico de Setúbal, por terem disponibilizado as ferramentas necessárias para o meu desenvolvimento académico e pessoal.

Resumo

Em Portugal, as entidades gestoras de serviços urbanos de água recorrem a um conjunto de sistemas de informação, de forma a garantir a qualidade do serviço prestado. Neste vasto leque de sistemas, que são muito distintos uns dos outros, constam sistemas de informação geográfica, sistemas de contabilidade, sistemas de telemedição ou de telegestão. Cada sistema produz dados que auxiliam o processo de tomada de decisão das entidades gestoras. No entanto, devido à dispersão dos dados entre os diversos sistemas e à compatibilidade dos dados dos mesmos, a articulação entre os sistemas torna-se particularmente difícil, tornando consequentemente complexo o processo de tomada de decisão para as entidades gestoras. De forma a resolver o problema, foi concebida uma plataforma única, capaz de receber, tratar e integrar os dados dos diversos sistemas de informação, numa base única. A partir da centralização dos dados alcançada, desenvolvemos, também, ferramentas de visualização de dados geográficos, de cálculo e visualização de indicadores de desempenho e balanços hídrico e energético. O desenvolvimento deste trabalho foi integrado no projeto de I&D multidisciplinar chamado DECiDE. O trabalho foi desenvolvido seguindo uma metodologia híbrida que resulta da combinação entre as metodologias iterativa e ágil. Os testes realizados validam a importância da plataforma desenvolvida no processo de tomada de decisão. Representa um ganho de eficiência e produtividade para os utilizadores das entidades gestoras e para os peritos deste domínio de forma geral. A primeira versão da plataforma em funcionamento agora poderá evoluir para melhorar aspetos relacionados com a sua usabilidade.

Palavras-chave: tomada de decisão, visualização de dados, geovisualização, gestão de água, usabilidade, projeto DECiDE.

Abstract

In Portugal, water management entities use a set of systems to guarantee the quality of the provided service. They use systems such as geographic information systems, accounting systems or remote water measurement systems. Each system produces data that assist the decision-making process of the management entities. However, due to data dispersion among several information systems, the articulation between data becomes particularly difficult, which consequently hinders the decision-making process. To solve this issue, a platform was built to receive, process, and integrate data from different information systems. The aggregation of data sets facilitates the decision support process, with inclusion of geographic data visualization tools, calculation and visualization of performance indicators tools and water and energy balances tools. The work presented in this document was integrated into the DECiDE R&D project. It was implemented following a hybrid methodology resulting from the combination between the iterative and agile methodology. The tests validate the importance of the platform in the decision-making process. It represents an improvement for the users in terms of efficiency and productivity, not only for the management entities but also for experts of the domain. The first version of the platform could evolve to improve usability aspects.

Keywords: decision making, data visualization, geovisualization, water management, usability, DECiDE Project.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução	1
1.1. Problema	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Estrutura do documento	3
2. Contexto do projeto DECIdE	4
2.1. Equipas e suas tarefas	4
2.2. Utilizadores	6
2.3. Conceito do projecto	6
2.4. Domínio da gestão do abastecimento de água	7
2.4.1. Conceitos do domínio	7
2.4.1.1. Dados e indicadores	7
2.4.1.2. Balanço hídrico e energético	8
2.4.2. A informação e o seus formatos	8
3. Trabalho relacionado	11
3.1. Processo de tomada de decisão	11
3.2. Sistemas e arquiteturas	12
3.2.1. Sistema de informação	12
3.2.2. Arquitetura orientada a serviços	13
3.2.3. Sistema de apoio à decisão	13
3.3. Tecnologias relacionadas	14
3.3.1. Visualização de dados	14
3.3.1.1. D3	15
3.3.1.2. Bokeh	16
3.3.2. Django	18
4. Metodologia de desenvolvimento	21
5. Desenvolvimento do projeto	23
5.1. Análise de requisitos	23
5.2. Módulos	24
5.2.1.1. Importação dos dados	25

5.2.1.2.	Visualização de dados e indicadores	25
5.2.1.3.	Visualização da representação da infraestrutura	25
5.2.1.4.	Cálculo do balanço hídrico	26
5.2.1.5.	Cálculo do balanço energético	26
5.3.	Visualização de dados e indicadores	26
5.3.1.	Filtragem.....	26
5.3.2.	Representação	29
5.3.2.1.	Tipos de representações.....	30
5.3.2.2.	Paleta de cores	34
5.3.2.3.	Áreas de renderização	36
5.3.2.4.	Escalabilidade das representações	36
5.3.2.5.	Informações adicionais.....	38
5.3.3.	Customização.....	39
5.4.	Geovisualização	40
5.4.1.	Representação	41
5.4.2.	Funcionalidades	42
5.4.3.	Informações adicionais.....	42
5.4.4.	Performance	43
5.4.4.1.	Abordagem A	43
5.4.4.2.	Abordagem B	43
5.4.4.3.	Comparação de performance.....	44
5.5.	Visualização de balanços hídricos e energéticos	45
5.6.	Exportação de dados e indicadores.....	47
6.	Testes	49
6.1.	Teste de usabilidade	49
6.1.1.	Participantes.....	50
6.1.2.	Tecnologia	50
6.1.3.	Métricas	51
6.1.3.1.	Sucesso.....	51
6.1.3.2.	Tempo	52
6.1.3.3.	Eficiência	53
6.1.3.4.	Satisfação.....	55
6.1.4.	Preparação	56
6.1.5.	Procedimento	57
6.1.6.	Resultados	59
6.1.6.1.	Sucesso.....	59
6.1.6.2.	Tempo	60
6.1.6.3.	Eficiência	61
6.1.6.4.	Satisfação.....	63
6.2.	Análise heurística	64

6.2.1. Participantes.....	65
6.2.2. Procedimento	66
6.2.3. Resultados	66
6.3. Conclusão	68
7. Conclusões e trabalhos futuros	71
Bibliografia.....	73
Anexos	1
Tabela de requisitos funcionais do projecto.....	1
Resultado dos testes para a métrica de sucesso	3
Resultado dos testes para a métrica de tempo	4
Resultado dos testes para a métrica de eficiência	5

Lista de Figuras

Figura 1 - Etapas do processo de tomada de decisão	11
Figura 2 - Arquitetura da ferramenta Bokeh	17
Figura 3 - Diagrama de Gantt do projeto	22
Figura 4 - Reunião com entidades gestoras	23
Figura 5 - Filtragem das representações	27
Figura 6 - Tabela de dados da base de dados	28
Figura 7 - Calendário de seleção do período de análise	29
Figura 8 - Representação de dados e indicadores	29
Figura 9 - Gráfico de barras para dados	31
Figura 10 - Gráfico de barras para indicadores de performance	31
Figura 11 - Gráfico de queijo.....	33
Figura 12 - Série temporal	33
Figura 13 - Gráfico bullet.....	34
Figura 14 - Caixa de informação.....	34
Figura 15 - Exemplo de representação do D3 utilizando a paleta por defeito.....	35
Figura 16 - Esquema de distribuição de cores	35
Figura 17 - Informações adicionais num gráfico de queijo	38
Figura 18 - Informações adicionais num gráfico barras	39
Figura 19 - Filtragens adicionais das representações	40
Figura 20 - Mapa geográfico	41
Figura 21 - Conteúdo do campo geometry	43
Figura 22 - Tabela de coordenadas	44
Figura 23 - Representação inicial do balanço hídrico.....	45
Figura 24 - Representação proposta para o balanço hídrico	46
Figura 25 - Representação proposta para o balanço hídrico, com um elemento selecionado	47
Figura 26 - Exportação de dados e indicadores	48
Figura 27 - Endereço final da tarefa 1.2.....	57
Figura 28- Representação da tarefa 1.2	58
Figura 29 - Percentagem média de sucesso por tarefa	59
Figura 30 - Quantidade de erros por grupo	60
Figura 31 - Tempo médio das tarefas por grupo	61
Figura 32 - Percentagem média de eficiência por tarefa	62
Figura 33 - Percentagem média de eficiência de cada tarefa por grupo	63
Figura 34 - Resultados da classificação de usabilidade	63

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tarefas do projeto por integrante	5
Tabela 2 - Sistemas utilizados pelas entidades gestoras	10
Tabela 3 - User stories do projeto.....	24
Tabela 4 - Comparação de performance entre as duas abordagens	44

Lista de Siglas e Acrónimos

AJAX	<i>Asynchronous JavaScript And XML</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CM	Câmara Municipal
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
CSV	<i>Comma-separated values</i>
DOM	<i>Document object model</i>
DRY	<i>Don't Repeat Yourself</i>
EEI	Estudantes de Engenharia Informática
EG	Entidades gestoras
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IPS	Instituto Politécnico de Setúbal
IST	Instituto Superior Técnico
IPB	Instituto Politécnico de Beja
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LI	<i>List item</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PEG	Profissionais das entidades gestoras
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
PX	<i>Pixel</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RF	Requisito funcional
RSS	<i>Really Simple Syndication</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
SUB	Subsistema
UL	<i>Unordered lists</i>
US	<i>User story</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
ZMC	Zona de monitorização e controlo

1. Introdução

Neste capítulo irá ser introduzido uma das grande problemáticas, em Portugal, no que toca à gestão dos serviços urbanos de água, assim como os principais objetivos do trabalho de projeto e a estruturação do documento.

1.1. Problema

De modo a que as Entidades Gestoras (EG) de serviços urbanos de água consigam garantir a qualidade do serviço prestado, recorrem a um conjunto de dados como, por exemplo, de contabilidade, de operação e de manutenção, informação proveniente de modelos de previsão, de modelação e análise, entre outros. No entanto, estes dados não se encontram centralizados num sistema de informação único, estando dispersos por diversos Sistemas de Informação (SI), tais como:

- Sistemas de Informação Geográfica (SIG)
- Sistemas ERP (“Enterprise Resource Planning”)
- Sistemas de Gestão de Clientes
- Sistemas de apoio à Contabilidade
- Sistemas de Telemedição e de Telegestão (SCADA).

Com o intuito de responsabilizar as EG no cumprimento dos seus objetivos, têm vindo a ser concebidas diversas exigências regulamentares. A Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) solicita, anualmente, às EG um conjunto de dados sobre as infraestruturas que gerem, servindo posteriormente para a elaboração de um relatório anual onde se caracterizam os serviços de água e resíduos a nível nacional.

O grau de maturidade das diversas EG em Portugal é bastante díspar, motivado, essencialmente, pelos diferentes modelos de gestão, contexto geográfico e capacidade financeira. Estas diferentes maturidades são refletidas na forma como os sistemas são geridos, dado que diferentes EG dispõem de diferentes recursos humanos, financeiros e tecnológicos. Esta disparidade afeta a disponibilidade de aquisição e manutenção dos diferentes SI para os diversos usos, afetando consequentemente a eficiência da gestão da informação da EG [1].

Nos casos das EG cuja a área de negócio não se limita aos serviços urbanos de água, a recolha, tratamento, armazenamento e interpretação de diferentes dados abrangem diferentes vertentes e departamentos dentro de cada EG, levando em alguns casos à replicação de SI entre diferentes departamentos.

Para além de, muitas das vezes os dados não se encontrarem atualizados, também nem sempre estão articulados entre si, devido à dispersão dos mesmos pelos vários SI. Noutros casos, os dados são maioritariamente recolhidos e registados em papel, não estando armazenados numa base de dados.

Por estes motivos, as EG têm alguma dificuldade em conseguirem uniformizar os modelos de representação de dados para o apoio à decisão. A gestão sustentável e eficiente dos serviços e infraestruturas urbanas acaba por ficar comprometida.

Informações são dados que receberam um significado por meio de uma conexão relacional. Esse significado pode ser útil, mas não tem obrigação de o ser. Na área da informática, uma base de dados relacional faz informações a partir dos dados nela armazenados [2].

1.2. Objectivos

No que toca à gestão de informação, não existe um modelo de gestão ótimo numa EG, e tendo em conta da impossibilidade de se implementar um modelo de gestão da informação de raiz, é necessário que haja um correto uso dos SI existentes. Para isto, as EG têm que ter em consideração dados que possam ter alguma congregação entre si e que, no entanto, estão dispersos entre vários SI, de forma potencializar o proveito dos SI que as EG dispõem.

Nos últimos 20 anos foram desenvolvidas diversas metodologias por parte de EG com o intuito de utilizar o SIG como veículo de intercomunicação entre os diversos SI, dado que este sistema domina a componente espacial, atributo onnipresente no desenvolvimento dos modelos lógicos da informação [3] [4].

No entanto, esta intercomunicação entre os diversos SI da EG pode ser alcançada por outro meio, nomeadamente, através de uma plataforma informática única, capaz de receber, tratar e integrar os dados dos diversos SI, numa base única. A agregação destes conjuntos de dados iria facilitar o processo apoio à decisão, que através da inclusão de ferramentas de visualização de dados geográficos e de cálculo e visualização de indicadores de desempenho e balanços hídrico e energético, seria possível ao decisor dispor de toda a informação necessária, facilitando então o processo de apoio à decisão.

Os resultados obtidos através do cálculo de indicadores de desempenho e balanços hídrico e energético, são exibidos através de modelos de visualização que podem variar de acordo com o tipo ou o conjunto de indicadores que se pretende comparar.

De forma a representar a rede infraestrutural dos serviços urbanos de água das EG, e uma vez que estas redes possuem dezenas de milhares de dados georreferenciados, é necessário aplicar algoritmos de procura e representação, de modo a permitir a melhor experiência possível ao utilizador.

Dado que todos os dados se encontram centralizados, seria ainda possível automatizar a produção dos documentos necessários para a entrega anual à Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR).

1.3. Estrutura do documento

Os capítulos seguintes estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 2: Contexto do projeto DECIdE

Capítulo 3: Trabalho relacionado

Capítulo 4: Metodologia de desenvolvimento

Capítulo 5: Desenvolvimento do projeto

Capítulo 6: Testes

Apresentamos de seguida capítulo 2, onde introduzimos o contexto do trabalho desenvolvido desta tese: o projeto de investigação DECIDE, assim como conceitos do domínio de aplicação.

2. Contexto do projeto DECIdE

O projeto DECIdE - Plataforma de Apoio à Decisão em Infraestruturas Urbanas de Água - foi financiado por fundos de investigação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, contando com um orçamento de 123.441,73€. Este foi liderado por Nelson Carriço, professor da Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, do Instituto Politécnico de Setúbal. O projeto DECIdE tem como objetivo melhorar o conhecimento que as entidades gestoras municipais têm relativamente às suas infraestruturas urbanas de água, propondo-se o desenvolvimento de um sistema de informação que integre os dados provenientes dos diferentes sistemas de informação e a inclusão de algumas ferramentas para o apoio à tomada de decisão.

2.1. Equipas e suas tarefas

Como em muitos projetos de investigação, o projeto contou com equipas multidisciplinares, constituídas por membros de várias instituições. Cada um dos membros possuía tarefas e responsabilidades diferentes, o que permitiu o desenvolvimento das várias frentes do projeto de uma forma paralela. Os grupos provêm de três instituições: Instituto Politécnico de Setúbal (IPS), Instituto Superior Técnico (IST) e Instituto Politécnico de Beja (IPB). A divisão das tarefas e responsabilidades foi feita da seguinte forma:

Instituições	Grupos	Integrantes	Tarefas
IPS	Coordenação	Prof. Ana Mendes Prof. Cedric Grueau Prof. Nelson Carriço Prof. Raquel Barreira	<ul style="list-style-type: none">• Apoio e coordenação das equipas
	Front-end/Back-end	André Antunes João Gomes Miguel Gonçalves	<ul style="list-style-type: none">• Implementação da visualização de dados e indicadores• Exportação de dados e indicadores• Implementação da geovisualização• API

	Integração	André Antunes	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação da integração dos dados
	Hídrica/Energética	Bruno Ferreira	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de algoritmos hídricos/energéticos e de calculo de dados indicadores • Apoio na integração dos dados
	Requisitos	Bruno Ferreira Filipa Ramos Joana Firmino Miguel Gonçalves	<ul style="list-style-type: none"> • Analise de requisitos
IST	Coordenação	Prof. Dídía Covas Prof. José Rui Figueira	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio e coordenação das equipas
	Front-end/Back-end	João Ferreira Sebastião Braz de Oliveira Sílvia Fernandes	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de balanços hídricos e energéticos
	Hídrica/Energética	Aisha Mamade Laura Monteiro	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de algoritmos para os balanços hídricos/energéticos
IPB	Coordenação	Prof. João Santos Prof. Isabel Brito	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio e coordenação das equipas
	Base de dados	Cristina Boga	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação da base de dados • Otimização da base de dados

Tabela 1 - Tarefas do projeto por integrante

Durante o período de desenvolvimento do projeto, existiram alterações relativamente à organização das equipas, com novas entradas e saídas de membros. O projeto passou, também, por períodos de constrangimentos técnicos que levaram a alguns atrasos em relação ao planeamento, nomeadamente no que diz respeito à hospedagem da plataforma. Para além disso, a grande maioria dos integrantes da equipa não tinham experiência em projetos de investigação. No entanto, todos estes aspetos foram ultrapassados, não tendo impedido a realização das tarefas.

2.2. Utilizadores

O projeto contou inicialmente com um conjunto de entidades parceiras, de diferentes dimensões e recursos como:

- Câmara Municipal do Barreiro
- Câmara Municipal de Palmela
- Câmara Municipal de Montemor-o-Novo
- Câmara Municipal de Reguengos de Monsaraz
- Infraquinta

A utilização da plataforma pode ser feita nos diversos níveis hierárquicos da entidade. Por um lado, os colaboradores têm que extrair os dados dos sistemas utilizados pela entidade, de forma a importá-los na plataforma, e a poder visualizar dados e indicadores de acordo com as suas funções. Por outro, a plataforma tem um papel importante no processo de tomada de decisão, com representações de dados e indicadores que partem, por exemplo, da agregação de dados de diversos sistemas, auxiliando desta forma os elementos que tomam decisões.

2.3. Conceito do projecto

O intuito da plataforma a desenvolver, é integrar dados provenientes de diferentes sistemas de informação das entidades gestoras parceiras. Adicionalmente, disponibilizar algumas ferramentas para o apoio à tomada de decisão, nomeadamente, indicadores de desempenho, cálculo de balanços hídrico e energético. As cinco entidades gestoras parceiras são de pequena e média dimensão, com modelos de gestão, maturidade digital e processos de gestão da informação bastante diferentes.

A integração de informação proveniente de diversos sistemas de informação numa base de dados unificada é um processo complexo, em parte devido à disparidade de processos de gestão de informação e maturidade digital presentes nas entidades gestoras parceiras. Neste sentido, foi desenvolvido um modelo de dados unificado, assim como um mecanismo de análise, mapeamento e indexação entre o conteúdo a importar e o modelo de dados unificado, permitindo assim que diferentes entidades utilizem a plataforma.

A plataforma, de forma a apoiar o processo de apoio à tomada de decisão, incorpora um conjunto de indicadores de desempenho, selecionados pelas entidades gestoras parceiras, de forma a refletir as necessidades por estas sentidas. Adicionalmente, são incorporados módulos de cálculo de balanços hídrico e energético. Estes balanços permitem a avaliação da eficiência hídrica e energética dos sistemas.

A visualização gráfica deste conjunto de indicadores de desempenho pode tornar-se de alguma forma difícil, especialmente quando se pretende realizar análises a uma área específica,

por exemplo por subsistema ou por zona de medição e controlo. Neste sentido, e com o objetivo de facilitar o processo de apoio à tomada de decisão, pretendeu-se desenvolver uma dashboard baseado em filtros customizados pelo utilizador (por exemplo, por área de análise, conjunto de dados e indicadores, e período temporal), incluindo ainda diferentes tipos de representações gráficas.

Desta forma, o projeto tende a resolver os problemas da disparidade dos dados e do processo de tomada de decisão, sendo que em Portugal, ainda não existia nenhuma solução para este tipo de problemas das entidades gestoras.

2.4. Domínio da gestão do abastecimento de água

Uma gestão sustentável e eficiente das infraestruturas urbanas de água exige que as entidades gestoras recorram a um vasto conjunto de dados, proveniente de diferentes sistemas, que por sua vez utilizam diferentes modelos, conceitos e formatos.

2.4.1. Conceitos do domínio

Neste projeto são aplicados diversos conceitos de engenharia civil e hidráulica, assim como conceitos da reguladora da qualidade de serviço de água.

2.4.1.1. Dados e indicadores

A reguladora da qualidade de serviço de água tem por objetivo melhorar a eficácia e a eficiência com que são prestados os serviços de águas e resíduos, sendo realizada com recurso à avaliação do desempenho das entidades gestoras.

Neste âmbito, a reguladora implementou um sistema de avaliação da qualidade do serviço prestado pelas entidades gestoras, com recurso a um conjunto de indicadores de performance, para os serviços de abastecimento de água. Os indicadores que compõem o sistema de avaliação da qualidade do serviço prestado pelas entidades gestoras, encontram-se distribuídos por três grupos:

- Adequação da interface com os utilizadores - este grupo de indicadores pretende avaliar se o serviço prestado aos utilizadores foi adequado, nomeadamente ao nível da maior ou menor acessibilidade física e económica que têm ao serviço e da qualidade com que o mesmo lhes é fornecido.

- Sustentabilidade da gestão do serviço - este grupo de indicadores pretende avaliar se estão a ser tomadas as medidas básicas para que a prestação do serviço seja sustentável.
- Sustentabilidade ambiental - este grupo de indicadores pretende avaliar o nível de salvaguarda dos aspetos ambientais associados às atividades da entidade gestora.

Por parte da reguladora, existe uma diferenciação entre dados e indicadores de performance, que é naturalmente trazida para o contexto aplicacional. Os indicadores proveem de um conjunto de cálculos executados sobre os dados. Desta forma, a existência desses dados e a precisão nas suas medições, é de extrema importância para o cálculo dos indicadores, que dão posteriormente origem à avaliação de qualidade. Por vezes, alguns dados têm origem no cálculo de outros dados. Portanto, o processo de cálculo de um indicador pode ter um conjunto de sub-cálculos associados. Por exemplo, o indicador de performance “Índice de valor da infraestrutura” (rácio entre o valor atual da rede e valor de substituição correspondente ao ano de referência) pode ser calculado, através da divisão entre os dados de “Valor atual da rede” e “Custo de substituição”. No entanto, ambos os dados estão dependentes de um conjunto de variáveis e cálculos extra. Para se obter o custo de substituição da rede, é necessário calcular os custos da mão de obra, assim como os custos dos elementos novos, que podem ter diferentes materiais, comprimentos e larguras.

2.4.1.2. Balanço hídrico e energético

O comportamento de um sistema hídrico ou energético, e as suas deficiências, não são facilmente perceptíveis de forma direta. Muitas vezes os utilizadores ou a EG apercebem-se de que algo não está bem, através de sinais tais como a falta de pressão de água, surgimento de água à superfície do solo, coloração ou turvação da água, ou falhas elétricas. A caracterização e o diagnóstico detalhado das deficiências por inspeção direta são demasiado pesadas, o que leva à necessidade de instrumentos de apoio baseados em modelação e análise. Os balanços hídricos e energéticos são ferramentas que permitem, com uma margem de erro estimável, analisar e prever o comportamento hidráulico e energético do sistema, a partir das características dos seus componentes, da sua forma de operação e dos consumos solicitados. Os balanços permitem assim a rápida e eficaz realização de análises de sensibilidade e a simulação dos cenários mais variados, com suficiente aproximação, sem ser necessário interferir com o sistema em causa.

2.4.2. A informação e o seus formatos

A complexidade dos sistemas de abastecimento de água é considerável, motivada em grande parte pela elevada extensão da rede, grande número de órgãos e respetiva distribuição

geográfica. Aliado ao facto da maioria das infraestruturas urbanas de águas se encontrarem enterradas, existiu desde sempre a necessidade por parte das EG de conhecerem a localização e os atributos das suas infraestruturas. Como tal, os SIG são, provavelmente, os sistemas mais frequentemente adquiridos pelas EG. Um registo cadastral adequado e atualizado reduz, substancialmente, o tempo necessário para localizar e diagnosticar problemas de rede, tais como roturas, permitindo ainda a georreferenciação das ordens de serviço, dando aperceção de quais áreas são mais problemáticas em termos de quebras ou por tipo de material.

Todas as EG parceiras do projeto dispõem de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). No entanto, o grau de implementação deste sistema varia bastante consoante a entidade.

A CM do Barreiro e a Infraquinta utilizam, respetivamente, o G/Interaqua da Aquasis e o Infrasing da ESRI. Em ambas as EG, a informação disponível é bastante completa, tendo vindo a serem realizados diversos levantamentos cadastrais ao longo dos anos. Em ambas as EG, existe um técnico dedicado à atualização permanente deste sistema.

A CM de Palmela utiliza o G/Interaqua da Aquasis. A utilização deste sistema por parte da EG é prática recente, não tendo sido ainda realizados levantamentos cadastrais exaustivos. No entanto, a EG não dispõe de um técnico com conhecimentos para utilizar o sistema. Assim, a informação que consta neste sistema limita-se maioritariamente à identificação espacial dos diferentes elementos que, pelas razões inframencionadas, podem estar desatualizados.

A CM de Montemor-o-Novo e a CM de Reguengos de Monsaraz utilizam o SIGREDES. Em ambas as EG, a informação disponível é completa, tendo vindo a atualizada, consoante a disponibilidade, ao longo dos anos. No entanto, não existe em nenhuma destas EG, um técnico dedicado à atualização permanente deste sistema, podendo a informação encontrar-se desatualizada.

Os diversos departamentos das entidades gestoras necessitam naturalmente de diferentes tipos de dados. Para além dos sistemas de Sistema de Informação Geográfica, as entidades gestoras também utilizam sistemas de gestão de ordem de trabalho, sistemas de gestão contabilística e financeira, e sistemas de gestão hídrica e energética. Na tabla seguinte, podemos verificar, os diversos tipos de sistemas utilizados pelas diversas entidades gestoras:

Entidade Gestora	Dados geográficos	Dados de ordem de trabalho	Dados Contabilísticos e Financeiros	Dados hídricos e energéticos
CM Barreiro	G/InterAqua	G/InterAqua	CGI	SCADA
CM Palmela	G/InterAqua	n.a. (Arquivo digital)	CGI	SCADA
CM Reguengos de Monsaraz	SIG Redes	n.a. (Arquivo digital)	AIRC	SCADA

CM Montemor-o-Novo	SIG Redes	n.a. (Arquivo digital)	Medidata	n.a. (Arquivo digital)
Infraquinta	InfraSIG	InfraSIG	PHC	SCADA

Tabela 2 - Sistemas utilizados pelas entidades gestoras

Esta diversidade de ferramentas afeta diretamente a forma de gestão, isto tendo em conta que utilizam diferentes modelos, formatos de dados e produzem diferentes output. Desta forma, uma agregação dos dados que iriam, por sua vez, auxiliar o processo de tomada de decisão é particularmente difícil.

Neste capítulo introduzimos o contexto do trabalho desenvolvido desta tese: o projeto de investigação DECIDE, assim como os conceitos do domínio de aplicação, nomeadamente a gestão do abastecimento de água. No próximo capítulo, vamos apresentar a metodologia seguida para desenvolver o trabalho.

3. Trabalho relacionado

Neste ponto, vamos abordar alguns conceitos gerais, relacionados com este trabalho, como sistemas, arquiteturas e tecnologias relacionadas.

3.1. Processo de tomada de decisão

A tomada de decisão é um processo complexo que envolve variáveis em que, às vezes, ainda não são completamente entendidas. No entanto, a literatura científica refere que muitos aspetos do processo de tomada de decisão são claros e as decisões ocorrem em todos os níveis de uma entidade organizacional [5]. A tomada de decisão pretende reconhecer problemas, gerar possíveis soluções para esses problemas, escolher e implementar a solução para o problema [6].

A tomada de decisão é uma atividade crítica na gestão dos processos das entidades [7]. Os indivíduos que tomam as decisões necessitam de informações para dimensionar o problema, tomar decisões e agir perante os problemas. Desta forma, os sistemas de informação desempenham um papel importante no fornecimento das informações necessárias [6].

Crawfor observou que, dada a natureza do trabalho, os indivíduos que tomam a decisão tendem a basear-se em informações que provavelmente são menos precisas do que os sistemas de informação mais complexos [8].

Atualmente, a tomada de decisão é a chave para a consistência das entidades a longo prazo. Tomar boas decisões não é suficiente, a entidade também deve fazê-lo rapidamente. Desta forma, é importante recorrer aos sistemas de informação para que possam fornecer rapidamente informações e respostas às perguntas [6].

O processo conta com um conjunto de seis etapas [9], tal como descritas na Figura 1.

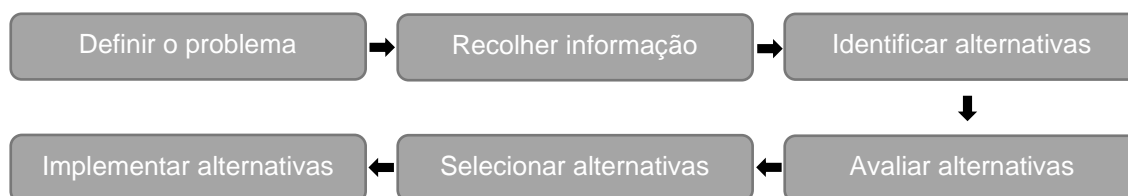


Figura 1 - Etapas do processo de tomada de decisão

O processo inicia-se então com a definição do problema em causa. Depois de definir o problema, é necessário reunir informações sobre o mesmo. Na fase seguinte, identificam-se possíveis alternativas de forma a resolver o problema. Cabe então ao indivíduo que toma as decisões, avaliar as possíveis alternativas e com base num conjunto de critérios relacionados com a própria gestão, selecionar a solução para o problema. Sendo que por fim, é necessário implementar a solução selecionada.

O processo de tomada de decisão pode ser auxiliado e automatizado através de um sistema apoio à decisão, que irá ser abordado no seguinte ponto.

3.2. Sistemas e arquiteturas

Nesta secção, vamos abordar os principais sistemas e arquiteturas relacionadas com este trabalho.

3.2.1. Sistema de informação

A importância das tecnologias da informação tem vindo a aumentar dramaticamente ao longo das últimas décadas [10], sendo agora onipresente em praticamente todos os aspetos da vida organizacional [11]. Com isto, a complexidade e sofisticação dos próprios sistemas de informação tem vindo a aumentar paralelamente.

Os sistemas de informação envolvem um conjunto de tecnologias da informação como computadores, softwares, base de dados, sistemas de comunicação, Internet, dispositivos móveis e muito mais, de forma a realizar tarefas específicas, interagir e informar vários atores em diferentes contextos organizacionais ou sociais [12]. No entanto, os sistemas de informação não estão focados nos aspetos técnicos e computacionais das tecnologias da informação, mas sim, em se a tecnologia é apropriada e como é instanciada, de modo a atender às necessidades dos vários atores em relação aos seus objetivos [13].

Do ponto de vista da tecnologia, a pressão competitiva motiva as entidades a tornarem-se cada vez mais eficientes, eficazes e inovadoras na utilização das tecnologias de informação para os processos intraorganizacionais. Com isto vão sendo desenvolvidas novas técnicas que tendem a melhorar os próprios sistemas de informação [14].

Do ponto de vista do utilizador, estes conseguem interpretar informações geradas pelo sistema, informações estas que passam a ter um significado permitindo ao utilizador realizar determinadas ações. São os utilizadores e não os sistemas de informação que definem o significado daquilo que é gerado. A atividade humana é que permite que as entidades implantem tecnologias de informação de forma a atingir suas metas e, mais importante, que estabeleçam metas como parte das estratégias para desenvolvimentos futuros [15].

3.2.2. Arquitetura orientada a serviços

A arquitetura orientada a serviços pretende conectar recursos com o objetivo de obter ou apresentar dados sob demanda. Esta abordagem promove a construção de aplicações que suportem ou automatizem processos de negócio por meio de um conjunto de serviços, que são componentes independentes. Os serviços são integrados através de protocolos como REST (Representational State Transfer) ou SOAP (Simple Object Access Protocol). Estes são fracamente acoplados, o que significa que a interface do serviço é independente da implementação subjacente [16]. Ou seja, os serviços podem ser integrados numa aplicação por um programador, sem que este saiba necessariamente como este serviço foi implementado.

Em entidades empresariais, existe muitas vezes uma grande heterogeneidade entre sistemas operativos e aplicações. Muitos sistemas empresariais são compostos por aplicações complexas e inconsistentes, oferecendo uma variedade de serviços interdependentes [17]. As aplicações que executam processos de negócios são críticas, e portanto, recomeçar do zero ou modificá-los é uma proposta delicada. As empresas devem poder modificar e expandir a infraestrutura técnica para atender às necessidades do negócio.

Em comparação com uma arquitetura monolítica, a natureza acoplada da arquitetura orientada a serviços, torna relativamente fácil a integração de novos serviços ou a atualização de serviços existentes para novos requisitos de negócio. Este também oferece a possibilidade de tornar os serviços consumíveis em diferentes canais.

Por serem pouco acoplados, os componentes da arquitetura podem ser alterados com um impacto mínimo.

3.2.3. Sistema de apoio à decisão

Com a necessidade de rapidez no tratamento de dados para o processo de tomada de decisão, surgiram sistemas de informação, que possuem funções específicas, permitindo coletar, processar e representar dados, num processo automatizado. Os dados representados devem responder às necessidades do decisor para um determinado cenário ou um conjunto deles.

Sprague e Carlson [18] definem sistemas apoio à decisão como sistemas computadorizados interativos que auxiliam indivíduos a utilizar dados e modelos para resolver problemas mal estruturados, desestruturados ou semiestruturados.

Através do estabelecimento de critérios de análise definidas pelo decisor, o sistema consegue representar dados de cenários mais complexos. Este tipo de sistema facilita também a realização de análises a um cenário com mudanças frequentes ou cenários que necessitem do uso de modelos matemáticos complexos.

3.3. Tecnologias relacionadas

Nesta secção, vamos abordar as principais tecnologias dos sistemas de informação e da computação na Internet, relacionadas com este trabalho.

3.3.1. Visualização de dados

No que toca à visualização de dados, os programadores geralmente empregam várias ferramentas simultaneamente de forma a conseguirem representar um dado ou um conjunto de dados. No mundo da web essa diversidade de ferramentas acaba por ser particularmente evidente, onde visualizações interativas combinam com outras tecnologias: HTML para o conteúdo da página, CSS para a estética da página, JavaScript para interações da página, SVG para gráficos vetoriais e assim por diante. Um dos grandes sucessos da web é a cooperação dessas tecnologias, possibilitada através de uma representação compartilhada da página, chamada de *document object model* (DOM). O DOM expõe a estrutura hierárquica do conteúdo da página (tal como por exemplo parágrafos, tabelas, listagens), permitindo a referência e manipulação de cada um desses elementos. De forma a auxiliar o processo de desenvolvimento, os navegadores modernos incluem poderosas ferramentas gráficas, que exibem a árvore de elementos da página, revelam características estéticas herdadas e depuram scripts interativos.

Tipicamente essa interoperabilidade acaba por ser perdida através da utilização de ferramentas de visualização, que devido ao encapsulamento do DOM com outro tipo de estruturas geradas por estas ferramentas, acabam por serem criados ecossistemas em grande parte independentes, dificultando a comunicação entre o modelo existente e as ferramentas de visualização. Ao invés da manipulação direta do modelo existente, ferramentas como [19] [20], suplementam o modelo com abstrações independentes. Por um lado, esta abordagem pode fornecer ganhos substanciais em eficiência, reduzindo o esforço necessário criar uma visualização. Por outro lado, abordagem converge em relação a padrões de standardização.

As consequências para a acessibilidade estão associadas com a dificuldade de aprendizagem da

ferramenta. A escassez de documentação e a depuração ineficaz impedem que o programador adquira conhecimento mais profundo das abstrações da ferramenta, limitando o potencial da mesma.

Com base nos problemas anteriormente referidos, foram desenvolvidas um conjunto de ferramentas de visualização, como o D3 e o Bokeh, que possibilitam a criação de elementos visuais dentro do DOM, permitindo a referência e manipulação de cada um destes elementos. De forma a criar representações visuais, estas ferramentas utilizam elementos como o SVG, que estão standardizados na tecnologia HTML 5. Desta forma, estes elementos conseguem

facilmente herdar características estéticas do elemento hierárquico ou até mesmo facilitar a interação dos elementos visuais com o utilizador através de scripts de manipulação.

3.3.1.1. D3

O D3 é uma biblioteca de JavaScript, desenvolvida por Mike Bostock. Este permite criar visualizações interativas de dados, renderizadas em qualquer browser utilizando SVG, HTML e CSS.

A grande quantidade de dados gerados, torna a comunicação da informação bastante mais difícil. As representações visuais dos dados são o meio mais eficaz de transmitir informações significativas. O D3 oferece facilidade e flexibilidade na criação dessas visualizações de dados.

Diversidade de representações

Algumas bibliotecas como ChartJS [21] disponibilizam um conjunto definido de visualizações para representar um conjunto de dados (como por exemplo, gráficos de barras, gráficos de linhas, gráficos de dispersão), não permitindo a criação de outras representações diferentes das definidas.

A diversidade de representações surge da necessidade de visualizar diversas métricas, sendo que cada uma destas pode ter representações mais específicas.

O D3 fornece instrumentos que permitem definir representações visuais, através da conjugação e manipulação de formas geométricas. Com a junção de formas como retângulos, círculos e triângulos é possível chegar a formas mais complexas, o que consequentemente permite a representação de qualquer tipo de gráfico.

Performance

As visualizações podem ser muito melhoradas pela interação e animação [22]. No entanto, em abstrações de alto nível, a capacidade de execução de alterações rápidas e fluidas na representação pode ser limitada caso o sistema não possua informação suficiente de forma a evitar cálculos redundantes. Esta questão é solucionada através de um grafo de dependências que identificam os elementos associados a cada elemento representado.

Por exemplo, quando um elemento é movimentado, são executados cálculos de forma a reposicionarem o elemento na posição pretendida. Todos os elementos associados herdam a transladação do elemento movido, evitando que cada elemento associado tenha que executar cálculos para ser reposicionado.

Depuração

A captura de erros é fundamental tanto para o processo de desenvolvimento, como para o processo de aprendizagem. Por vezes a captura de erros acaba por ser dificultada pelo encapsulamento das ferramentas de visualização, que ofuscam os processos internos da ferramenta. Como tal, é fundamental que as ferramentas suportem a depuração de forma a encontrarem e reduzirem erros ou defeitos de um software.

Os erros são tratados e reportados pelo D3 em Javascript, através da consola de depuração do *browser*, sendo que por vezes também são apresentadas possíveis resoluções a um determinado erro.

Curva de aprendizagem

A diversidade de possíveis representações, customizações, interações e animações trás alguns custos no que toca à aprendizagem. O ecossistema D3 dispõe de uma vasta API, que devido à sua grandeza, à sua sintaxe própria, e à cadeia de ações (criar um SVG, selecionar tipo geométrico do elemento, enviar dados de entrada, definir características visuais, definir animações e interações, etc), fazem com que a curva de aprendizagem seja ampla. No entanto, a documentação da ferramenta e os diversos exemplos demonstrativos que o D3 possui pretendem auxiliar a experiência de aprendizagem.

3.3.1.2. Bokeh

Bokeh é uma biblioteca Python para visualização interativa. Tal como o D3, também consegue representar visualizações, com interatividade de alto desempenho em grandes conjuntos de dados.

Arquitetura

O bokeh processa os grandes conjuntos de dados ao nível do back-end. Desta forma, grande parte do esforço necessário para renderizar uma representação, não é realizado no lado do cliente. Os dados são manipulados e organizados no servidor, de forma a que o cliente (BokehJS) consiga facilmente interpretar e renderizar esses mesmos dados.

O servidor produz um ficheiro JSON, que funciona como uma entrada para o BokehJS. Este por sua vez, apresenta os dados sobre uma representação, no respetivo browser, tal como podemos visualizar na Figura 2.

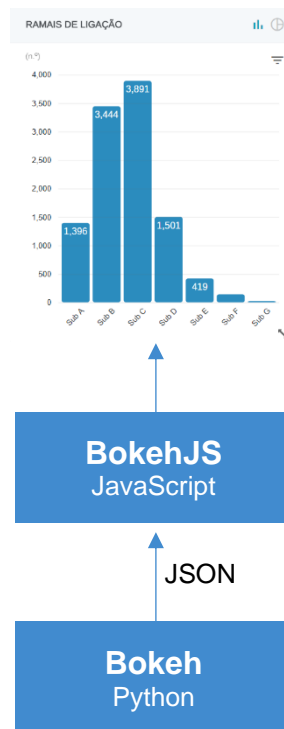


Figura 2 - Arquitetura da ferramenta Bokeh

Ferramentas

O Bokeh oferece recursos poderosos e flexíveis, que permitem uma customização altamente avançada. Este permite a elaboração de diversos tipos de interfaces de visualização, como os mostrados abaixo:

- Gráficos: uma interface de alto nível que é utilizada para criar gráficos estatísticos complexos de forma rápida e simplista.
- Plotagem: uma interface de nível intermedio, centralizada na composição de glifos visuais.
- Modelos: uma interface de baixo nível que fornece a máxima flexibilidade para desenvolvimentos aplicativos.

Gráficos

Como mencionado acima, é uma interface de alto nível, utilizada para apresentar dados em representações-padrão. Estas representações podem incluir gráficos de caixa, gráficos de barras, gráficos de área, mapas de calor, gráficos de queijo, entre outras. A metodologia comum para criar este tipo de gráficos passa pelos seguintes passos:

- Importação da biblioteca, métodos ou funções
- Preparação dos dados

- Definição do modo de saída (browser ou servidor)
- Criar gráfico com as suas configurações de estilo
- Visualização do gráfico

Plotagem

A plotagem é uma interface de nível intermedio, focada na composição de glifos visuais. É possível criar uma visualização combinando vários elementos visuais (pontos, círculos, linhas, triângulos, retângulos) e ferramentas (ferramenta de foco, zoom, exportação de imagem).

- Estes elementos são criados usando a interface bokeh.plotting, que vêm com um conjunto de ferramentas e estilos visuais. Este processo passa pelos seguintes passos:
- Importação da biblioteca, métodos ou funções
- Definição do modo de saída (browser ou servidor)
- Ativação da figura
- Execução de operações de plotagem, que afetam a figura gerada.
- Visualização

3.3.2. Django

O Django é uma framework alto nível para Python, que permite o desenvolvimento rápido de websites seguros e de fácil manutenção. Esta ferramenta auxilia o desenvolvimento, em certos processos, como por exemplo, na gestão de rotas ou gestão de templates de visualização. Isto para que a equipa de desenvolvimento se possa concentrar no desenvolvimento aplicacional, sem precisar reinventar a roda. O seu código fonte é publico e possui uma comunidade bastante ativa, com uma ótima documentação.

Versatilidade

Esta framework pode ser utilizada para criar praticamente qualquer tipo de site, desde sistemas de gestão de conteúdo, até redes sociais e sites de notícias. Este pode funcionar com qualquer estrutura de front-end, fornecendo conteúdo em qualquer formato (incluindo HTML, RSS, JSON, XML, etc.).

Internamente o Django oferece funcionalidade importantes como por exemplo, a possibilidade de conexão a diversos tipos de base de dados ou motores de templates. Para além disso, também existe a possibilidade de importar outro tipo de componentes, caso se necessário.

A renderização é uma das habilidades fundamentais do Django, com a utilização do motor de templates defeito, o Jinja que facilita a escrita, estruturação, reutilização e flexibilidade do

código. O Jinja contém variáveis, expressões e tags, que controlam a lógica dos modelos de dados. Estes elementos são substituídos por valores quando o template é renderizado.

Segurança

Ao nível da segurança, o Django ajuda as equipas de desenvolvimento a evitar erros de segurança comuns, fornecendo uma estrutura que foi projetada para proteger o site de uma forma automatizada. Por exemplo, o Django fornece uma forma segura de gerir contas e senhas de utilizadores, evitando erros comuns, como colocar informações de sessão em cookies, armazenando os mesmos em locais vulneráveis. Em vez disso, os cookies contêm uma chave que irá apontar para uma localização específica na base de dados, onde estão contidos os dados reais. O Django evita também que, por exemplo, senhas dos utilizadores sejam armazenadas diretamente, sem nenhum tipo de encriptação.

O Django permite a proteção contra muitas vulnerabilidades, incluindo *SQL injection*, *cross-site scripting*, e *clickjacking* [23].

Escalabilidade

O Django utiliza uma arquitetura baseada em componentes. Cada parte da arquitetura é independente das outras e, portanto, pode ser substituída ou alterada, caso necessário. Ter uma separação clara entre as diferentes partes, permite que este possa ser escalado para aumentar, por exemplo o tráfego ou poder de processamento, adicionando recursos em qualquer nível: servidores de cache, servidores de base de dados ou servidores aplicativos [23].

Reutilização

O Django promove a utilização de princípios e padrões que incentivam a criação de código sustentável e reutilizável. Em particular, a utilização do princípio *Don't Repeat Yourself* (DRY) de forma a não haver duplicação desnecessária, reduzindo a quantidade de código [23]. O Django também promove o agrupamento de funcionalidades relacionadas em aplicações reutilizáveis. Ou seja, diferentes conjuntos de funcionalidades devem ser independentes, tendo cada um dos conjuntos a sua própria aplicação.

Portabilidade

O Django é uma framework para Python, que pode ser executada em diversas plataformas. Esta tecnologia não está vinculada a nenhum tipo de servidor específico, podendo ser executada em Linux, Windows e Mac OS X. Além disso, o Django é suportado por muitos serviços de

hospedagem, que geralmente fornecem infraestrutura e serviços específicos, assim como a documentação necessária, que auxilia o processo de integração ou criação do ambiente.

De seguida, vamos abordar a metodologia de desenvolvimento, as diversas etapas de desenvolvimento, assim como as suas distribuições temporais.

4. Metodologia de desenvolvimento

No que toca ao desenvolvimento, pretendeu-se utilizar uma metodologia iterativa, uma vez que existem várias reuniões com as EG, possibilitando um constante feedback e mudanças no plano inicial. Seguindo este método, a equipa de desenvolvimento tem a possibilidade de visitar fases trabalhadas anteriormente e realizar ajustes desejados pelas EG.

Para complementar, era importante a utilização de uma metodologia ágil, de forma a manter um fluxo de trabalho contínuo. Desta forma, foram integrados sprints de desenvolvimento, definindo, para cada sprint, um conjunto de requisitos a desenvolver num determinado período temporal.

Ao juntar os conceitos destas metodologias obtemos uma metodologia híbrida que, potencializa o contacto com as EG, disponibilizando partes da plataforma de uma forma periódica, promovendo a comunicação em equipa, desenvolvendo uma plataforma estável que satisfaz as necessidades das EG.

Apresentam-se em seguida, as etapas fundamentais, no que toca ao processo de desenvolvimento:

- **Análise de requisitos:** Descrição dos objetivos da plataforma DECIdE. Nesta etapa houve um contacto constante com as entidades gestoras, de forma a alinhar possíveis temas pendentes.
- **Criação da base de dados:** Definição da estrutura dos dados que iriam suportar a plataforma, assim como as suas tabelas e campos.
- **Importação de dados:** Desenvolvimento do processo de importação de dados, que iria alimentar a plataforma, em especial a visualização de dados e indicadores e a visualização da representação geográfica.
- **Visualização de dados e indicadores:** Desenvolvimento do processo de seleção, representação e exportação de dados e indicadores que auxiliam o processo de tomada de decisão.
- **Visualização da representação geográfica:** Desenvolvimento da representação geográfica dos elementos do sistema de distribuição hídrica da entidade.
- **Balanços hídricos e energéticos:** Desenvolvimento do processo de cálculo dos balanços hídricos e energéticos das entidades.
- **Testes:** Desenvolvimentos de testes, de forma a avaliar possíveis melhorias ao nível do front-end.

A divisão de trabalho entre etapas era ajustada de acordo com o peso de trabalho de cada etapa. Ou seja, etapas como o desenvolvimento dos balanços hídricos e energético

necessitaram naturalmente de um maior número de elementos, pelo menos em comparação com outras etapas. Isto devido à elevada quantidade de trabalho necessárias para concluir a etapa.

A distribuição dos elementos pelas tarefas, ainda teve em conta o grupo institucional de cada elemento, havendo preferência para juntar elementos da mesma instituição, isto devido à facilidade de comunicação e coordenação.

Tendo em conta que o desenvolvimento de cada etapa poderia estar atribuído a um conjunto de elementos, a sincronização entre os membros das equipas é de extrema importância. Para isso, eram realizadas meetings entre membros da equipa de desenvolvimento de cada módulo e eram utilizadas storyboards.

De forma a discutir o estado de cada módulo, assim como dificuldades e próximos passos, a totalidade da equipa organiza meetings mensais.

Podemos ver no diagrama de Gantt representado na Figura 3, a distribuição das etapas acima descritas, ao longo do tempo de desenvolvimento do projeto.



Figura 3 - Diagrama de Gantt do projeto

Certos acontecimentos impactaram a distribuição temporal das etapas. Em primeiro lugar, aconteceram substituições ao nível dos elementos da equipa. Com a introdução de novos elementos à equipa, o processo de interação ocupa naturalmente algum tempo, não havendo grande produtividade nessa fase. Em segundo lugar, tivemos alguns problemas na criação e configuração do servidor que iria suportar a plataforma, retirando recursos humanos a outras tarefas.

Abordamos de seguida o capítulo de desenvolvimento do projeto onde detalhamos as diversas tarefas desenvolvidas, assim como as diversas problemáticas e soluções.

5. Desenvolvimento do projeto

Neste capítulo vamos abordar as diversas tarefas realizadas, como a análise de requisitos, e o desenvolvimento de tarefas relacionadas com alguns módulos do projeto, como a visualização de dados e indicadores ou representação geográfica dos elementos infraestruturais. Cada uma das tarefas é devidamente detalhada, abordado algumas problemáticas e soluções.

5.1. Análise de requisitos

A fase de análise de requisitos do projeto tem como principal função descrever os objetivos da plataforma DECIdE. Esta descrição pretende no fundo, definir como a plataforma deverá interagir com os utilizadores numa ampla variedade de situações reais. Através da descrição abrangente dos comportamentos do sistema, é possível minimizar o tempo e o esforço exigido para o desenvolvimento das funcionalidades do mesmo. Esta otimização permite adequar as funcionalidades às necessidades concretas dos utilizadores, facilita a gestão e por último, permite atingir as metas desejadas, minimizando os custos de desenvolvimento.

No caso do projeto DECIdE, o processo iniciou-se com reuniões com as entidades gestoras, de forma a definir as funcionalidades da plataforma e a importância das mesmas, tal como podemos visualizar na Figura 4. Isto permitiu-nos, por exemplo, estabelecer desde logo como é realizado o processo de importação dos dados ou que dados/indicadores podem ser visualizados e exportados [A.1 e A.2]. Também foram promovidas sessões com os peritos da área, investigadores do projeto, para determinar a forma de calcular os indicadores que deveriam ser produzidos pela plataforma. Cada requisito da aplicação foi classificado por categoria e prioridade. A prioridade foi delineada da seguinte forma:

- Essencial/Alta (imprescindível, sem o qual o sistema não funciona)
- Importante/Média (relevante, mas não fundamental e sem o qual o sistema funciona)
- Desejável/Baixa (útil, mas que não compromete o funcionamento do sistema)

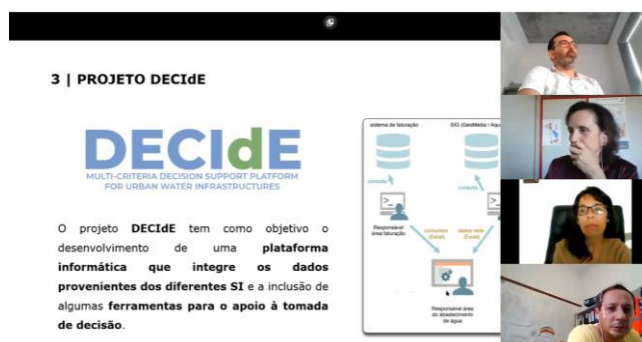


Figura 4 - Reunião com entidades gestoras

Esta análise de requisitos foi baseada nas especificações standard 830-1998 do IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers [24].

A metodologia Scrum promove um modelo baseado em *user stories*, que identifica quem é o utilizador final, o que este utilizador deseja [25]. Este modelo tem como objetivo, auxiliar o processo de desenvolvimento da plataforma, focando no cliente final. Desta forma, foram criadas *user stories*, baseadas nos requisitos funcionais anteriormente desenvolvidos. Cada *user story* define a ação pretendida, quem irá executar essa mesma ação, e de que forma vai ser executada. Trata-se de um formalismo simples, próximo da representação que os utilizadores fazem dos requisitos da plataforma:

ID	Como	Quero	De forma que	Prioridade
US1	Técnico de EG	Efetuar um registo	Possa aceder à plataforma	Alta
US2	Técnico de EG	Inserir os dados sobre o meu sistema de abastecimento	Possa calcular dados e indicadores	Alta
US3	Técnico de EG	Calcular um conjunto de dados e indicadores	Possa tomar decisões sobre o meu sistema	Alta
US4	Técnico de EG	Visualizar dados e indicadores	Possa tomar decisões de gestão	Alta
US5	Técnico de EG	Efetuar balanços hídricos e energéticos	Consiga analisar a minha rede	Baixa
US6	Técnico de EG	Exportar dados e indicadores	Consiga analisar os resultados fora do contexto aplicacional	Média

Tabela 3 - User stories do projeto

Este relatório descreve apenas *user stories* que contaram com a nossa participação. Desta forma, vão ser abordados abaixo, as seguintes user stories:

- US4 - Como técnico de EG, quero visualizar dados e indicadores, de forma a que, possa tomar decisões de gestão.
- US5 - Como técnico de EG, quero efetuar simulações hidráulicas, de forma a que, consiga analisar a minha rede.
- US6 – Como técnico de EG, quero exportar dados e indicadores, de forma a que, consiga analisar os resultados fora do contexto aplicacional.

5.2. Módulos

Resultante da análise de requisitos, foram concebidos um conjunto de módulos de forma a separar as tarefas em grupos lógicos: importação de dados, visualização de dados e indicadores, visualização da representação da infraestrutura, cálculo de balanço hídrico e cálculo de balanço energético.

5.2.1.1. Importação dos dados

O módulo de importação dos dados permite a importação das formas e atributos referentes às diversas infraestruturas e áreas de análise, bem como a importação da faturação, medições e ordens de trabalho associadas ao sistema.

A disparidade de modelos de gestão da informação entre entidades gestoras apresenta-se como o maior desafio ao desenvolvimento de uma base de dados unificada. Assim, para cada tipo de elemento a ser importado (por exemplo, condutas ou reservatórios) foi definido um modelo de dados. Este modelo é constituído por um conjunto de atributos, que deve constar em cada elemento para responder aos requisitos de cálculo dos diversos módulos.

A partir deste modelo de dados, e através da interface da plataforma, é possível realizar o mapeamento entre o modelo de dados original e o modelo unificado, integrando assim os dados. Adicionalmente, o modelo de dados está preparado para manter um registo histórico dos diversos elementos infraestruturais, permitindo assim reproduzir o estado da rede num determinado período do tempo.

Para a representação geográfica do sistema, é necessário que sejam importados elementos georreferenciados. Esses elementos georreferenciados proveem do sistema de informação geográfica, que permite a exportação dos mesmos através de ficheiros shapefile. Desta forma, os ficheiros shapefile terão que ser importados, que modo a que o sistema consiga identificar cada elemento infraestrutural e representá-lo.

5.2.1.2. Visualização de dados e indicadores

O módulo de visualização de dados permite agregar um conjunto de dados pré-estabelecidos, considerando diferentes áreas de análise e um determinado período temporal.

O resultado deste cálculo pode ser visualizado em tempo real e de forma customizada, representado diferentes tipos de gráficos. Desta forma é possível analisar o sistema de forma setorial ou integrada, permitindo ainda analisar a evolução temporal dos indicadores de desempenho, contribuindo com informação útil e importante para o processo de apoio à tomada de decisão.

5.2.1.3. Visualização da representação da infraestrutura

O módulo de visualização da representação da infraestrutura apresenta graficamente os elementos georreferenciados, importados através do modulo de importação. Este modulo está

integrado na *user story* US4, em conjunto com a visualização de dados e indicadores. Cada elemento é apresentado num mapa a duas dimensões, disponibilizado na plataforma. São ainda disponibilizadas um conjunto de funcionalidades que facilitam a manipulação do mapa, como ferramentas de aproximação e movimentação.

5.2.1.4. Cálculo do balanço hídrico

O módulo de cálculo do balanço hídrico, através da definição do período temporal e das áreas de análise, prepara os dados de entrada para validação por parte do utilizador, possibilitando a alteração de qualquer valor. Uma vez validados os dados de entrada, o módulo permite o cálculo do balanço hídrico [26].

5.2.1.5. Cálculo do balanço energético

À semelhança do cálculo do balanço hídrico, o cálculo do balanço energético exige uma preparação rigorosa dos dados de entrada. Este módulo, através da definição do período temporal e das áreas de análise, prepara os dados de entrada para validação por parte do utilizador, possibilitando a alteração de qualquer valor. Uma vez validados os dados de entrada, o módulo permite o cálculo do balanço energético [27].

5.3. Visualização de dados e indicadores

A visualização de dados e indicadores, que está identificada no *user story* US4, tem particular importância no processo de tomada de decisão das entidades gestoras das infraestruturas das águas. Desta forma, é importante que as ferramentas de visualização de dados e indicadores sejam intuitivas e de simples utilização, permitindo ao utilizador uma fácil e rápida avaliação dos mesmos, para todo ou parte do sistema infraestrutural das águas.

Os cálculos dos dados e indicadores realizados em tempo real pela plataforma, trazem um nível de complexidade adicional no desenvolvimento das representações gráficas. Tendo em conta o dinamismo dos dados e indicadores, as representações dos mesmos têm de ser capazes de ter em conta as constantes atualizações dos dados.

5.3.1. Filtragem

Dependendo das motivações que levam o utilizador a analisar dados e indicadores, existe um conjunto de parâmetros que necessitam de ser selecionados. Estes parâmetros definem

quais e como são representados os dados e os indicadores na plataforma; nomeadamente através da seleção de áreas de análise, dos dados, dos indicadores e do período temporal. Isto permite filtrar, agrupar e customizar as representações de dados e indicadores essenciais ao processo de análise, tal como representado na Figura 5. A informação indesejada, que não têm qualquer influência para o processo, é excluída da visualização. O utilizador pode, por exemplo, realizar uma análise à quantidade de alojamentos que utilizam o serviço infraestrutural de águas, ou algo mais específico como, uma seleção das frações do sistema que tiveram mais avarias durante o último ano.

The screenshot shows the DECIDE platform interface with the following components:

- Left Sidebar:** Contains the DECIDE logo, a user profile section with the email 'Olá test@decide.lps.pt', and a menu with options: 'Sistema de Avaliação', 'Balanço Energético', 'Infraestrutura', 'Upload de Ficheiros', 'Importação', and 'Admin'.
- Section 1: Área de análise**
 - Buttons: 'Todos os subsistemas' and 'Todas as ZMCs'.
 - Tree structure for selection:
 - Sub A: Zmc A (1)
 - Sub B: Zmc B, Zmc D, Zmc E (1)
 - Sub C: Zmc A (2), Zmc G, Zmc I
 - Sub D: Zmc N (1), Zmc O, Zmc N (2), Zmc P
 - Sub E: Zmc K (1), Zmc M (1)
 - Sub F: Zmc L, Zmc M (2), Zmc K (2)
 - Sub G: Zmc M (3)
- Section 2: Dados e Indicadores**
 - Dropdown: 'Selecionados (8)'.
 - Checklist of indicators:
 - Todos (8 Selecionados)
 - Alojamentos com serviço efetivo
 - Comprimento total das condutas
 - Ramais de ligação
 - Reservatórios
 - Capacidade de reserva de água na adução e na distribuição
 - Comprimento das condutas reabilitadas no ano transacto
 - Avarias em condutas
 - Horas de falha devido a intervenções em condutas
- Section 3: Período de análise**
 - Calendar view for 'Janeiro, 2018'.
 - Calendar grid showing days 1 through 31.
 - 'Aplicar' button.

Figura 5 - Filtragem das representações

As áreas de análise estão divididas em hierarquias lógicas, podendo ser caracterizadas como sistemas, subsistemas ou ZMC's. Essa diferenciação hierárquica foi representada através de tabulações, definindo uma distinção visual dos diferentes tipos hierárquicos. Ainda são disponibilizados botões de ação, que possibilitam a seleção rápida de todos os subsistemas da entidade, ou de todas as ZMC's da entidade. Por defeitos está definida uma área de análise mais geral, ou seja, o próprio sistema da entidade.

Os dados e indicadores estão agrupados em categorias que podem ser visualizados numa caixa de combinação. Cada categoria tem um conjunto de dados ou indicadores associados, sendo que um dado ou um indicador apenas pertence a uma categoria, tal como podemos ver na tabela de dados da base de dados, na Figura 6. As categorias existentes são as seguintes:

- Alojamentos
- Infraestrutura
- Ordens de serviço
- Economia
- Sustentabilidade económica
- Qualidade do serviço

- Índice Valor Infraestrutural
- Eficiência da prevenção da poluição
- Perfil do Sistema
- Eficiência na utilização de recursos ambientais
- Produtividade física dos recursos humanos

	id	code	name	category	unit	description
	1	dAA11b	Alojamentos com serviço efetivo	Alojamentos	n.º:	Alojamentos com serviço efeti
	2	dAA15ab	Comprimento total das condutas	Infraestruturas	km	Comprimento total das condui
	3	dAA16ab	Comprimento médio de condutas	Infraestruturas	km	Comprimento médio de condui
	4	dAA17ab	Comprimento das condutas reabilitadas nos últi...	Infraestruturas	km	Comprimento das condutas de
	5	dAA18b	Ramais de ligação	Infraestruturas	n.º:	Número total de ramais de lioz
	6	dAA25ab	Reservatórios	Infraestruturas	n.º:	Número de reservatórios de á
	7	dAA26ab	Capacidade de reserva de água na adução e na...	Infraestruturas	m³:	Volume total dos reservatório:
	8	dAA33ab	Valor atual da rede	Índice Valor Infraestrutural	€	Valor atual da rede, calculado
	9	dAA34ab	Custo de substituição	Índice Valor Infraestrutural	€	Custo de substituir a rede por
	10	dAA36ab	Avarias em condutas	Ordens Serviço	n.º:/ano	Número de avarias em condut
	11	dAA41ab	Água entrada no sistema	BH	m³:/ano	Volume de água introduzido n
	12	dAA44ab	Consumo Autorizado	BH	m³:/ano	Volume de água faturado e nã
	13	dAA45ab	Consumo faturado medido	BH	m³:/ano	Volume de água faturado med
	14	dAA46ab	Consumo faturado não medido	BH	m³:/ano	Volume de água faturado não
	15	dAA47ab	Consumo não faturado medido	BH	m³:/ano	Volume de água não faturado
	16	dAA48ab	Consumo não faturado não medido	BH	m³:/ano	Volume de água não faturado
	17	dAA49ab	Uso não autorizado	BH	m³:/ano	Volume de água cujo consumo
	18	dAA53ab	Água não faturada	BH	m³:/ano	Diferença entre a água entrac
	19	dAA54ab	Perdas de água por erros de medição	BH	m³:/ano	Volume de água corresponder
	20	dAA55ab	Perdas Reais	BH	m³:/ano	Volume total de perdas físicas
	21	dAA61ab	Consumo de energia para bombeamento	BE	kWh/ano	Energia total consumida em in
	22	dAA80ab	Rendimentos tarifários	Economia	€/ano	Rendimentos operacionais res

Figura 6 - Tabela de dados da base de dados

Tendo em conta a grande quantidade de dados e indicadores existentes, a categorização facilita ao utilizador a identificação e seleção dos dados e indicadores que pretende representar. Podem ser conjugados dados e indicadores de múltiplas categorias, facilitando o processo de análise multicritério. Por defeito, estão selecionados um conjunto de dados e indicadores sugeridos. Esta sugestão é realizada de acordo com os dados e indicadores mais utilizados nos processos de análise.

Através do calendário disponibilizado é possível selecionar o período de análise dos dados e indicadores selecionados, tal como podemos ver na Figura 7. Esta funcionalidade permite navegar entre dias do mês, meses do ano, ou anos das décadas de forma a selecionar o período pretendido. Tendo em conta que a análise é anual, cada vez que o utilizador seleciona uma data, o sistema define como período de análise os 12 meses precedentes a essa data. Ou seja, se o utilizador selecionar 1 de Janeiro de 2020, serão calculados e representados dados e indicadores para o período temporal, de 1 de Janeiro de 2019 até 1 de Janeiro de 2020. Por defeito está selecionada a data atual, e por consequência um período de 1 ano até à data atual.

3 Período de análise

Dados / Indicadores

Janeiro, 2018						
S	T	Q	Q	S	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

Figura 7 - Calendário de seleção do período de análise

5.3.2. Representação

Uma vez que as representações visuais podem ser utilizadas por diferentes elementos das entidades gestoras, foram desenvolvidas de modo a serem simples e intuitivas, tal como podemos ver na Figura 8. Esta abordagem permite e facilita, tanto a análise, como a utilização das representações, independentemente do nível de conhecimentos técnicos dos elementos das entidades gestoras.

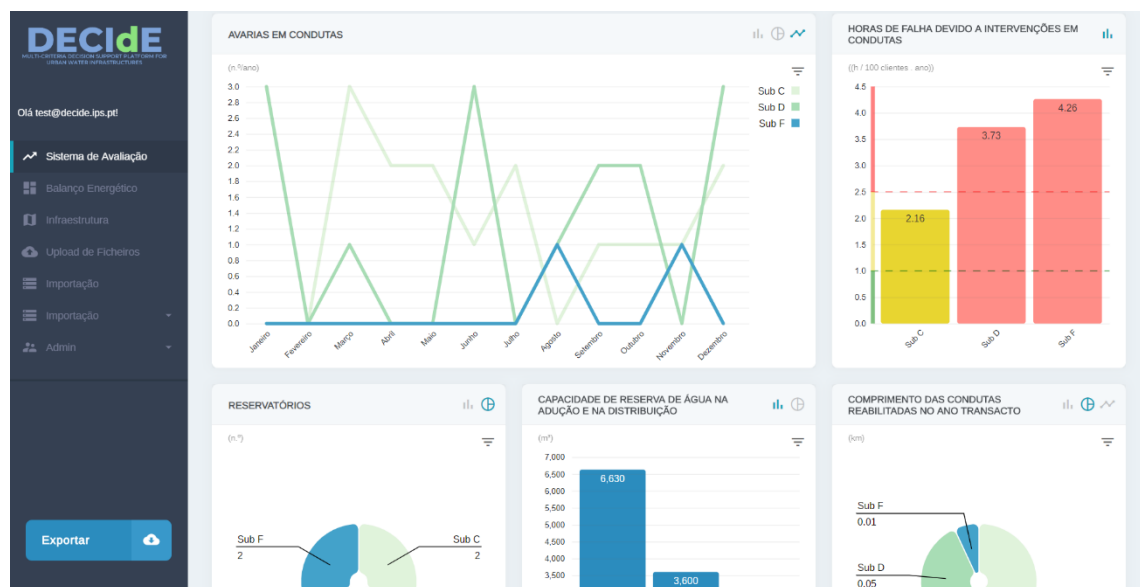


Figura 8 - Representação de dados e indicadores

O tipo de representação depende do domínio analisado. Ou seja, depende do conjunto de filtros seleccionados pelo utilizador. O sistema define representações para cada dado ou indicador, de acordo com os seguintes parâmetros:

- **Tipo de dado ou indicador** – Cada dado/indicador possui um conjunto de representações possíveis. Por exemplo, no caso de dados que podem ser representados temporalmente, o sistema promove a utilização de series temporais a gráficos de barras ou queijo. Os indicadores, uma vez que possuem níveis de qualidade, têm naturalmente uma representação diferente dos dados.
- **Área de análise** – A representação adapta-se à área de análise selecionada. As representações com áreas de análise de um elemento diferem de representações para áreas de análise de diversos elementos. Quando a área de análise tem apenas um elemento, a representação terá apenas um valor. Desta forma não faz sentido representar, por exemplo, um gráfico de barras ou queijo para representar esse elemento único. Por outro lado, quando existe um número grande de elementos de área de análise, é necessário que a representação se adapte para se conseguir visualizar nitidamente todos os valores.

A grande parte tipos de representações possíveis, como os gráficos de barras, queijo ou séries temporais foram escolhidas em reuniões com peritos da área. No entanto, a nossa liberdade criativa também foi bastante importante, dando uma particular importância à simplicidade e usabilidade das representações escolhidas nas reuniões. Também foram discutidas, nas reuniões com peritos, outras alternativas como o gráfico de barras com níveis para indicadores, ou o gráfico de bullet, que foram propostos por nós, sendo estes também integrados na plataforma.

5.3.2.1. Tipos de representações

Os dados podem ser representados de diversas formas. As tabelas, por exemplo, permitem-nos organizar dados e apresentar os resultados de uma forma relativamente simples. No entanto, as representações gráficas dão-nos uma perspetiva diferente dos nossos dados. Segundo Stephen Few, os gráficos revelam mais do que uma coleção de valores individuais [28]. Devido à sua natureza visual, os gráficos têm a capacidade de mostrar o contorno geral dos dados. Os recursos visuais são utilizados de forma a que o nosso cérebro consiga entender rapidamente as informações. Os gráficos podem mostrar uma grande quantidade de dados, rapidamente e de uma forma relativamente fácil de processar. Para além disto, existe uma maior facilidade em comparar os valores de diferentes áreas de análise, identificar possíveis padrões ou tendências entre valores ou representações, ou até mesmo identificar relações entre dados.

Desta forma, decidimos criar um conjunto de representações que dão resposta as necessidades das entidades, mantendo ou melhorando tipos de representações gráficas que as entidades estão familiarizadas.

Gráfico de barras

O gráfico de barras é um tipo de representação universalmente reconhecido. Este apresenta uma forma simples e direta de comparar diversas áreas de análise, através de um conjunto de barras de comprimentos variável. O eixo das abscissas (eixo ox) apresenta as diversas áreas de análise que estão a ser comparadas, enquanto o eixo das ordenadas (eixo oy) apresenta o valor quantitativo ou percentual de cada área, para um determinado dado ou indicador de performance. As unidades dos dados ou indicadores de performance representados, estão identificadas por cima do eixo das ordenadas.

O gráfico de barras possui dois modos de visualização. Caso o utilizador pretenda visualizar um indicador de performance, são representados níveis de performance. Estes níveis não são representados caso o utilizador queira visualizar um dado, tal como na Figura 9. De forma a conseguir facilmente diferenciar o nível de performance das áreas analisada, cada barra é representada com a cor referente ao nível de performance, tal como na Figura 10. Ou seja, uma área de análise com uma má performance para um determinado indicador, vai ser representada a vermelho. As linhas horizontais tracejadas, também auxiliam o utilizador, através da identificação dos limites de cada nível.

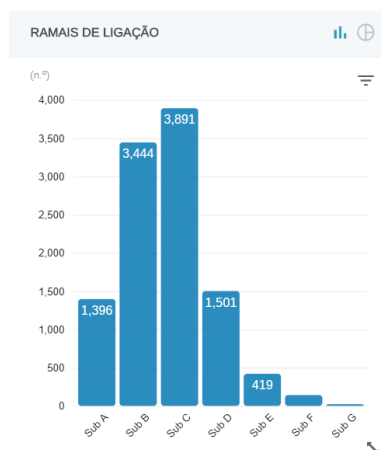


Figura 9 - Gráfico de barras para dados

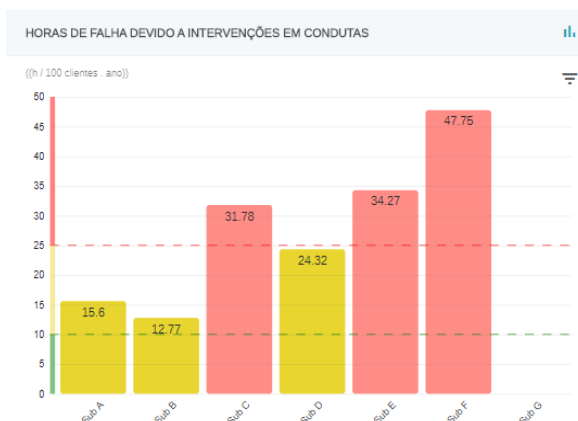


Figura 10 - Gráfico de barras para indicadores de performance

O valor de cada barra correspondente à área de análise, pode ser inteiro ou decimal, dependendo do tipo de dado ou indicador que é tratada na representação. Por vezes podem ser retiradas casas decimais, caso o espaço horizontal disponível na barra não seja suficiente. No caso dos números inteiros, o tamanho da letra pode ir de valores entre 12px e 8px, caso também exista pouco espaço horizontal para serem introduzidos. Em último caso, se não for possível representar um valor na barra, mesmo com tamanhos de letra de 8px, então o valor não será mesmo representado.

Para além do espaço horizontal disponível na barra, o espaço vertical também tem alguma importância. Por vezes uma área de análise tem valores demasiado pequenos relativamente a outras áreas de análise. As áreas mais pequenas têm por norma valores mais pequenos, devido às suas características físicas. Quando um valor é demasiado pequeno relativamente aos outros, e uma vez que o tamanho vertical da barra é proporcional ao seu valor, pode não ser possível representar o valor na barra, devido à falta de espaço vertical. Quando o valor é igual a zero, não é obviamente representada a barra, no entanto, o espaçamento horizontal para essa barra permanece, tal como representado para o “Sub G” da Figura 10. Isto para evitar que, por exemplo, que o utilizador se esqueça de uma determinada área de análise cujo o valor é nulo.

Gráfico de queijo

Este tipo de representação exhibe os dados de uma forma simples e de fácil leitura, sobre forma de fatias. O gráfico de queijo é particularmente útil para fazer comparações entre áreas de análise. Cada fatia é de tamanho variável e quanto maior a fatia, maior o peso de uma área de análise para um dado específico, tal como podemos visualizar na Figura 11.

Este gráfico não representa indicadores de performance. Isto porque seria difícil ter uma noção dos níveis de performance de cada área. Uma distribuição de cores verdes, amarelas e vermelhas podia tornar a representação confusa e de difícil leitura, nomeadamente na identificação e comparação entre áreas de análise.

Para que seja possível distinguir cada área de análise representada graficamente, cada uma das fatias possui uma cor única da paleta de cores gerada. Estas podem apresentar tons desde azuis até verdes.

As caixas de texto que representam os valores de cada fatia, podem ser apresentadas ou não. Caso o valor da fatia seja inferior a 5% à soma de todos os valores representados, a caixa de texto não é representada. Isto para evitar que haja sobreposição dos valores entre caixas de texto de diferentes fatias. As unidades dos valores das fatias são representadas no canto superior esquerdo, tal como nas restantes representações.

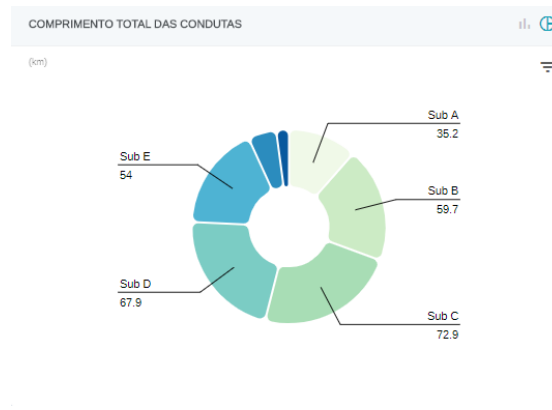


Figura 11 - Gráfico de queijo

Série temporal

As séries temporais são representações que ilustram tendências nos dados durante um período temporal. O eixo das coordenadas (oy) representar um valor variável, enquanto o eixo das abcissas (ox) representa a linha temporal.

Cada valor é identificado no gráfico e os seus pontos são devidamente conectados, de forma a exibir uma tendência no período temporal comparado. As várias áreas de análise podem ser comparadas analisando as diversas linhas.

Através da série temporal representada na Figura 12, podemos por exemplo verificar que o “Subsistema A” necessitou de uma maior quantidade de intervenções nos seus ramais, sendo que obteve um pico de intervenções em setembro. Esta necessidade em termos de intervenções pode ser influenciada por diversos fatores. Uma área maior contém muitas vezes uma maior quantidade de ramais, havendo por norma uma maior frequência de avarias. Por outro lado, a quantidade de intervenções pode estar relacionada por exemplo com uma elevada degradação das infraestruturas. Desta forma, conjugando o gráfico de intervenções em ramais com a quantidade de ramais, seria possível obter mais informação, facilitando a análise.

Para além de conseguir representar dados, também é possível representar indicadores de performance através de séries temporais. A paleta de cores da series temporais, diferem de dados para indicadores, tal como nos gráficos de barras.

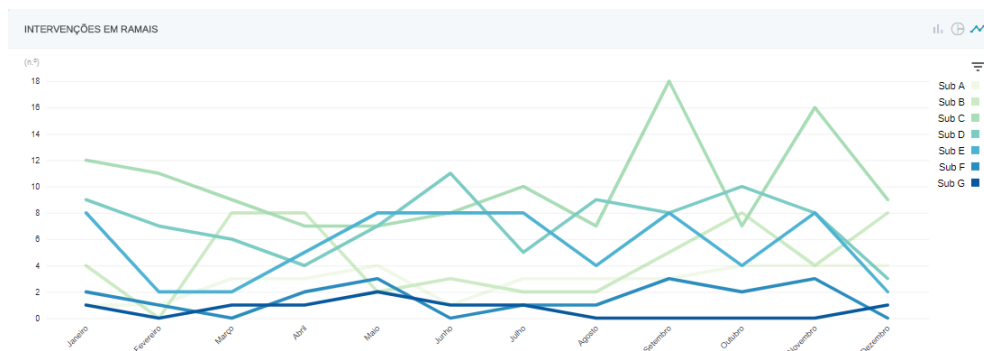


Figura 12 - Série temporal

Gráfico *bullet*

O gráfico *bullet* tem uma estrutura idêntica ao gráfico de barras, no entanto, ao contrário do gráfico de barras, este apenas representa uma área de análise. Desta forma este tipo de representação é útil quando se pretende analisar um indicador de performance do sistema, de um subsistema ou de uma ZMC. Através dos níveis de performance, definidos entre vermelho, amarelo e verde, conseguimos classificar um determinado indicador. Tal como podemos visualizar na Figura 13, o indicador excedeu o nível aceitável de horas de falhas devido a intervenções em condutas, por largos valores.

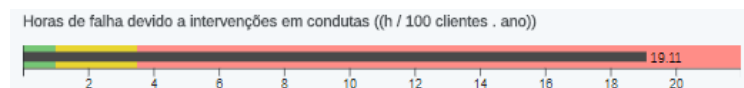


Figura 13 - Gráfico bullet

Outras representações: Caixas de informação

Na maioria das vezes o utilizador pretende comparar dados ou indicadores para múltiplas áreas de análise. No entanto, quando apenas pretende realizar essa análise para apenas uma área, não faz sentido representar um determinado dado através de representações como o gráfico de barras ou gráfico de queijo. Nestes casos, desenvolvemos caixas de informação de modo a representar esses dados, tal como podemos ver na Figura 14. Apenas dados são representados sobre esta forma, sendo que este tipo de representação pode ser ainda conjugada com series temporais, se fizer sentido representar o dado temporalmente. Este tipo de representação não faz sentido para indicadores de performance uma vez que não existem níveis de performance.

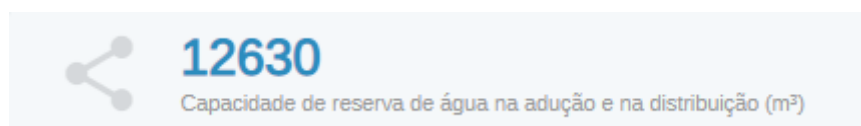


Figura 14 - Caixa de informação

5.3.2.2. Paleta de cores

No que toca à visualização de dados, as cores têm uma importância particular. Estas ajudam o utilizador na diferenciação de elementos dos gráficos ou identificam a grandeza ou performance dos dados representados. A má utilização de cores pode resultar, por exemplo, em falhas na interpretação dos dados, levando em último caso, a más decisões por parte das entidades.

Os diferentes tipos de representações têm diferentes necessidades de cores. Por exemplo, no caso de indicadores de performance, é necessário ter cores que destaquem e facilitem a interpretação dos três diferentes níveis de performance. Por outro, quando se trata, por exemplo de series temporais por área de análise, é necessário usar múltiplas cores de forma a distinguir as diferentes áreas de análise por unidade temporal. Para isso é necessário que sejam geradas tantas cores quanto áreas de análise existentes na representação.

Por defeito, o D3 representa graficamente utilizando a paleta category20. Esta realiza a distribuição de cores discretas do espectro eletromagnético, tal como representado na Figura 15.

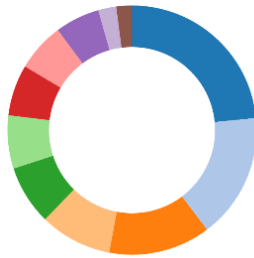


Figura 15 - Exemplo de representação do D3 utilizando a paleta por defeito

A introdução da versão 5.0 do D3, proporcionou-nos o acesso a um conjunto de paletes que fornecem esquemas de cores divergentes e sequenciais. No entanto, nenhuma das paletes existentes nos satisfaz completamente, tendo em conta o esquema de cores pretendido de azuis e verdes. Desta forma, foi desenvolvido um algoritmo de geração de cores capaz criar esquemas de cores de acordo com as necessidades das representações:

- Gráfico de barras para dados: utiliza apenas utiliza a cor azul
- Gráfico de barras para indicadores de performance e gráfico bullet: utiliza vermelho, amarelo e verde
- Gráfico de queijo e serie temporal: de forma conseguir distinguir mais facilmente as áreas de análise presentes nestas representações, é gerada uma cor única para cada uma das áreas. Devido ao dinamismo na seleção das áreas de análise, a distribuição das cores pode ser feita para um número variável de elementos, utilizado o esquema de cores representado na Figura 16. Ou seja, as cores são distribuídas de azul escuro para verde claro, de forma gradual, para as n áreas de análise. Por exemplo, quando existem três áreas de análise, a primeira vai ter a cor azul escuro, a segunda azul claro e a última verde claro. Quando existem por exemplo nove áreas, a primeira tem a cor azul escuro, a última verde claro, e as restantes tem cores intermedias, gradualmente distribuídas. No caso de existir apenas uma área, esta vai possuir a cor inicial do esquema, ou seja, azul escuro.



Figura 16 - Esquema de distribuição de cores

5.3.2.3. Áreas de renderização

O conjunto de representações é renderizada numa grelha com o objetivo de manter uma estrutura unificada e a organização do conjunto representado. Esta grelha divide cada representação através de uma estrutura definida por linhas e colunas. O número de linhas e colunas da grelha diferem para cada conjunto de análise. Isto é provocado pelo dinamismo tanto na quantidade, como nas características de cada representação, ou até mesmo por limitações de espaço devido ao tamanho da área de renderização dos conjuntos representados.

A grelha possui uma quantidade máxima de três colunas e uma quantidade indefinida de linhas. No entanto, a quantidade máxima de colunas pode estar limitada pelo tamanho da janela utilizada pelo utilizador. Desta forma, o número máximo de colunas adapta-se ao comprimento disponível. Os dispositivos com uma área de renderização inferior a 768px passam a ter uma coluna única na grelha. Esta é uma medida estandardizada definida pelo Bootstrap [29] para ecrãs pequenos, ou seja, maioritariamente dispositivos móveis e tablets.

As características de cada representação definem a quantidade de elementos da grelha necessárias de forma a que essa representação seja bem perceptível pelo utilizador. Por exemplo, a representação de um dado/indicador para dez áreas de análise, necessita naturalmente de mais espaço, comparado com uma representação de um dado/indicador para duas áreas de análise. Por norma, cada representação consegue ser colocada num elemento da grelha, ou seja, numa linha e uma coluna. No entanto, as representações maiores, utilizam até um máximo de três colunas para serem representadas.

A estrutura desta grelha pode ainda ser redefinida pelo utilizador, através de elementos que permitem customizá-la. Isto pode ser feito arrastando cada representação para uma nova coluna e/ou linha da grelha, ou através da alteração do tamanho da representação, que naturalmente altera a quantidade de linhas e colunas ocupadas pela mesma.

5.3.2.4. Escalabilidade das representações

A possibilidade de redimensionamento da janela do browser leva-nos à necessidade que cada representação consiga responder em tempo real às novas dimensões da área de renderização. Por um lado, e se isso não acontecer, existe a possibilidade das representações ficarem com cortes por serem demasiado grandes para a área disponível. Por outro lado, também acabam por não serem suficientemente eficientes para aproveitar a área que lhes é dada.

As *Scalable Vector Graphics*, onde são renderizadas as representações, podem ser redimensionáveis. Isto, porque o browser tem contextualização sobre a altura, largura e proporções da representação.

Em primeiro lugar, as especificações do SVG sugerem que os atributos *height* e *width* no elemento pai que envolve o SVG, define implicitamente uma proporção e, portanto, aumenta consequentemente a escala do SVG. Os atributos *height* e *width* do elemento pai acabam por se sobreporem às configurações do SVG, substituindo as dimensões do mesmo. Isto pode ser feito de diversas formas, no entanto apresentam alguns problemas:

- Se utilizar a tag `` para incorporar o SVG, a configuração de altura e largura fará com que o SVG seja dimensionado de forma previsível na maioria dos browsers, mas não no Internet Explorer. Com CSS como: `img {width: 100%; height: auto; }`, O IE escala automaticamente o elemento pai, para manter uma constante proporção entre largura e altura, mas não dimensiona o conteúdo do SVG.
- Se utilizar um `<object>`, `<embed>` ou `<iframe>` para incorporar o SVG, a definição de altura e largura no `<svg>` não altera o tamanho área. Este método iria apenas colocar *scrollbars* dentro do *iframe* se o SVG for demasiado grande.
- Se utilizar o SVG embutido no HTML (possível a partir HTML5) o elemento `<svg>` terá duas funções, definindo a área da representação na página e também no SVG. Qualquer altura ou largura definida com CSS para o SVG iria-se sobrepor aos atributos `width` e `height` do mesmo. Desta forma, CSS como: `svg {width: 100%; height: auto;}` iria ignorar as dimensões e a proporção definidas diretamente no SVG. Como consequência, a representação no SVG ficaria com uma altura padrão de 150px ou 100vh, dependendo do browser utilizado.

Todas implementações acima representadas apresentam problemas de escalabilidade, não conseguindo manter a proporção entre altura e largura das representações, quando são utilizadas dimensões não fixas.

O atributo `viewBox` define a posição e a dimensão da área onde o SVG é renderizado. Este atributo consiste numa lista de quatro números `min-x`, `min-y`, largura e altura, separados por espaços em branco e/ou vírgula, que especificam a área estabelecida para o elemento SVG, mapeada consoante os limites do *viewport*. O atributo `viewBox` tem algumas funções que trazem vantagens às representações definidas:

- Define a proporção da imagem.
- Define todos os comprimentos e coordenadas utilizados dentro do SVG, redimensionando os mesmos, de modo a ocuparem o espaço total disponível.
- Define a origem do sistema de coordenadas do SVG, ou seja, o ponto em que `x = 0` e `y = 0`.

A coordenada de origem que é definida com os valores `x` e `y`, é utilizada como coordenada base do `viewBox`. Esta fica localizada no canto superior esquerdo da área onde é renderizada o SVG. As coordenadas aumentam da esquerda para a direita e de cima para baixo. Desta forma, é necessário definir uma segunda coordenada para estabelecer uma área completa.

Foi então definida uma `viewBox = "0 0 600 350"`, representando uma área retangular. Estes valores definem um sistema de coordenadas com 600 unidades de largura e 350 unidades de altura. Todas as representações gráficas são redimensionadas de modo a ocuparem a totalidade do retângulo que define a área do SVG. Isto é feito mantendo as proporções entre largura e altura das representações, o que nos permite renderizar as representações, em qualquer tipo de dispositivo, mesmo com alterações no tamanho da janela ou na grelha de representações.

5.3.2.5. Informações adicionais

Cada representação pode ter uma ou mais áreas de análise representadas nos seus graficos. Por normal, os valores de cada área analisada estão devidamente identificada nas barras, no caso dos gráficos de barras ou graficos de bullet, ou nas fatias, no caso de gráficos de queijo. No entanto, nem sempre é possível representar os valores, devido a limitações de espaço. Os gráficos de queijo, por vezes, possuem fatias demasiado pequenas, e os valores das mesmas acabam por ser sobrepor umas às outras. Para evitar essas sobreposições, os valores são retirados das fatias em causa. As limitações de espaço também são comuns em gráficos de barras. Quando se representam demasiadas áreas de análise, as barras ficam naturalmente menos largas, o que iria dificultar a colocação dos valores. Nestes casos os valores também são retirados da representação. Por último, no que toca a séries temporais, os valores não são representados directamente na representação. A identificação dos valores de cada ponto, no gráfico, iria dificultar a visualização e análise da representação.

A gelha presente no fundo dos gráficos de barras ou séries temporais, permite avaliar quantitativamente um determinado dado ou indicador para as áreas analisadas. No entanto, não permite fazê-lo de uma forma precisa. Tendo em conta os problemas anteriores, foram desenvolvidas *popovers* informativas que são despertadas no evento *onMouseHover* das barras ou linhas, tal como demonstrado na Figura 17 e Figura 18. No momento em que o evento é despertado, todos os elementos à exceção do selecionado passam a ter uma cor de fundo cinza, de forma a focar atenções no elemento selecionado.

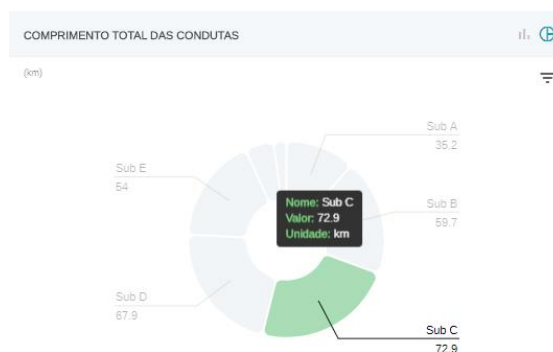


Figura 17 - Informações adicionais num gráfico de queijo

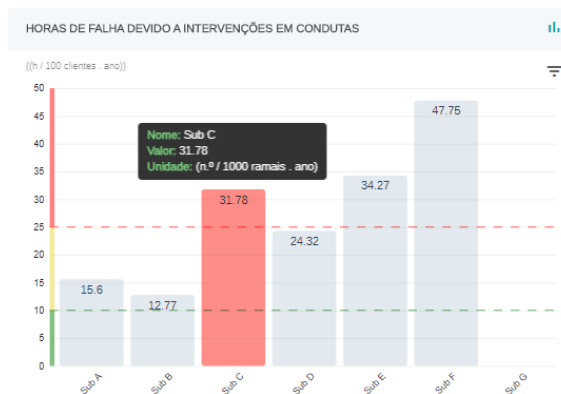


Figura 18 - Informações adicionais num gráfico barras

A caixa de informações adicionais pode informar-nos relativamente aos seguintes tópicos da área de análise selecionada:

- Nome da área de análise selecionada
- Valor do dado ou indicador para a área selecionada. No caso das séries temporais, é exibido um conjunto de valores mensais, durante um ano.
- Unidade do valor representado

A caixa de informações adicionais também é despertada no evento *onMouseHover* dos níveis de performance dos indicadores, definindo o limite máximo e mínimo do nível selecionado.

5.3.3. Customização

As filtragens gerais são aplicadas ao conjunto de dados e indicadores selecionados pelo utilizador. No entanto, podem existir certas situações em que é necessário um nível de filtragem adicional, individualmente para cada representação. Por exemplo, quando o utilizador deseja verificar que áreas possuem mais 1000 alojamentos com serviço efetivo. Neste caso, seria útil à análise poder retirar todas as áreas que possuem menos de 1000 alojamentos para uma representação específica, mantendo essas áreas nas outras representações. Por este motivo, foram desenvolvidas um conjunto ações que permitem uma customização individual de cada representação, tal como na Figura 19, dinamizando a análise para o conjunto de representações.

As ações definidas para as representações são as seguintes:

- Filtragem: permite a remoção ou adição de elementos da área de análise, para a representação.
- Ordenação: permite a ordenação das representações alfabeticamente (de forma ascendente e descendente) ou por valor (de forma ascendente e descendente).



Figura 19 - Filtragens adicionais das representações

As ações disponibilizadas para cada representação, dependem do tipo de dado ou indicador associado à própria representação, assim como do conjunto definido para a área de análise. Por exemplo, para series temporais deixa de fazer sentido qualquer ação de ordenação, uma vez que não iria haver quaisquer alterações em termos de representação. Outro exemplo seria quando o utilizador analisa uma área de análise de apenas um elemento. Nestas ocasiões, não faz sentido que a representação possua nem ações de ordenação, nem ações de filtragem. Para estes casos foram retiradas ambas as ações, de modo a impossibilitar ao utilizador a remoção ou ordenação do único elemento da área de análise.

Para além das ações representadas acima, é possível customizar a grelha de representações, definindo a ordem de dados ou indicadores, ou o tamanho das mesmas. Isto permite que o utilizador ordene as diversas representações na grelha, arrastando por exemplo as mais importantes para o topo da página, ou que altere o tamanho de uma representação de modo a destacá-la.

5.4. Geovisualização

A geovisualização permite-nos representar um conjunto de pontos georreferenciados num mapa geográfico. Esta visualização mostra-nos e correlaciona os diferentes elementos da rede infraestrutural, num plano bidimensional. Cada elemento da rede possui um ou múltiplos conjuntos de pontos georreferenciados que dão origem à sua representação no plano. Ou seja, através desses pontos conseguimos tanto representar a forma do elemento infraestrutural, assim como a sua colocação no mapa. Para além de serem representados os elementos infraestruturais, estas representações permitem às entidades gestoras avaliar possíveis padrões geográficos.

5.4.1. Representação

Cada entidade possui um conjunto de tipos de elementos infraestruturais que podem ser representados. A diversidade de elementos depende principalmente, daquilo que é importado pelas entidades gestoras. No entanto, tal como podemos visualizar na Figura 20, o sistema está preparado para conseguir representar os seguintes elementos:

- Subsistemas – Múltiplos conjuntos de pontos que formam uma forma específica e representado com uma cor preta.
- Condutas - Múltiplos conjuntos de pontos que formam uma forma específica e representado com uma cor azul escura
- Ramais - Múltiplos conjuntos de pontos que formam uma forma específica e representado com uma cor azul clara.
- Captações – Por terem apenas um conjunto de coordenadas, é representado sobre uma forma circular, com a cor vermelho escuro
- Reservatórios de água - Múltiplos conjuntos de pontos que formam uma forma específica e representado com uma cor vermelho claro.
- Estações elevatórias - Múltiplos conjuntos de pontos que formam uma forma específica e representado com uma cor verde.
- Bombas de água - Por terem apenas um conjunto de coordenadas, é representado sobre uma forma circular, com a cor rosa
- Contadores - Por terem apenas um conjunto de coordenadas, é representado sobre uma forma circular, com a cor cinzenta



Figura 20 - Mapa geográfico

Por defeito, todos os tipos de elementos disponíveis têm a sua representação ativada. No entanto, dada a quantidade de pontos e formas que podem ser representados, o mapa pode tornar-se difícil de analisar. Dado este problema, é possível desativar um determinado tipo de

infraestrutura através dos botões por cima do mapa, para que essa análise possa ser mais personalizável.

De forma também a reduzir a densidade de representações no mapa, elementos como ramais ou contadores apenas são mostrados com a partir de um certo zoom. Ou seja, inicialmente quando o utilizador visualiza o sistema e não fez qualquer zoom, esses elementos não são renderizados. A sua renderização apenas é feita quando necessária, a partir de uma certa aproximação de zoom, a um subsistema específico ou uma área mais pequena. Isto acaba por melhorar a performance geral da visualização, tendo em conta que certos elementos não são inicialmente renderizado.

5.4.2. Funcionalidades

O utilizador pode ter um conjunto de interações com a representação renderizada. Os tipos de ações que o utilizador pode realizar, podem ser criadas através da ferramenta de visualização Bokeh. As ações disponibilizadas são as seguintes:

- Arrastar – Esta ferramenta permite mover a representação dentro da área de renderização.
- Zoom - A ferramenta de zoom permite que o utilizador defina a região que deseja ampliar. Esta função re-renderiza os elementos representados.
- Gravar – Esta ferramenta grava a imagem do mapa renderizado, no formato PNG.
- Foco – A ferramenta de foco é um elemento passivo. É ativado quando o utilizador arrasta o cursor sobre um determinado elemento da rede infraestrutural. Esta ação abre uma caixa de informações adicionais sobre o elemento selecionado.

Cada uma destas ações podem ser ativadas ou desativadas no menu lateral direito.

5.4.3. Informações adicionais

A ferramenta de foco consegue-nos trazer informações adicionais relativamente a um elemento da infraestrutura de água. Estas informações caracterizam os elementos e permitem que estes sejam comparados. Dentro das caixas de informações adicionais existem diferentes conjuntos de informações que são variáveis de acordo com o tipo de infraestrutura selecionado. Por exemplo, se o utilizador selecionar um reservatório de água, é apresentado o seu identificador, o diâmetro da base e do topo, assim como a sua capacidade. Por outro lado, se o utilizador selecionar, por exemplo, uma conduta, será apresentado o seu identificador, o seu comprimento, o diâmetro nominal e interno, e o seu ano de instalação.

5.4.4. Performance

A quantidade de elementos georeferenciados, tem naturalmente influência no que toca aos tempos de processamento dos mesmos. Existem entidades gestoras que possuem dezenas de milhares de elementos. Caso não exista uma otimização a esse nível, a experiência pode ser mesmo desagradável, causado demoras na renderização de todos os elementos, ou devido à pouca fluidez na representação. A pouca fluidez pode ser verificada em ações dos utilizadores como no zoom ou no arrasto da representação. Quando estas ações acontecem, todos os elementos da representação têm que ser re-renderizados, de forma a que possam possuir uma nova localização ou dimensão na representação. Esta re-renderização pode demorar alguns milissegundos, notando-se alguma falta de fluidez.

Tendo em conta esta preocupação com a performance, no que toca à representação geovisual, criamos e comparamos dois diferentes tipos de abordagem ao problema. Estas duas abordagens precedem de forma diferente deste à importação dos dados georreferenciados para a base de dados, até ao processamento e renderização dos pontos da representação.

5.4.4.1. Abordagem A

Cada um dos elementos georreferenciados, que provêm da importação dos ficheiros shapefile, são guardados na base de dados, na tabela de formas. A tabela de formas, para além de conter a categoria geométricas do elemento (por exemplo linestring, point ou polygon), também contém a forma geométrica no formato de dados *geometry*. O formato de dados *geometry* é capaz de interpretar a codificação binária que representa a forma, e gravar num formato que consiga ser facilmente interpretado do ponto de vista da representação geoespacial, tal como podemos ver na Figura 21.

`LINESTRING (57521.3463 -131259.5275,57425.2717 -131228.58)`

Figura 21 - Conteúdo do campo geometry

No momento da renderização, cada uma das formas, provenientes do tipo *geometry*, são processadas de modo a retornar duas listagens, uma de coordenadas x, outra de coordenadas y. Isto, de forma a preparar a estrutura necessária para que estes elementos consigam ser lidos e representados pelo bokeh.

5.4.4.2. Abordagem B

Ao contrário da abordagem A, os elementos georreferenciados que são importados dos shapefiles num formato binário, são desconstruídos em coordenadas. Estes pontos são gravados

numa tabela de coordenadas, nos campos x, y e z, tal como vemos na Figura 22. Por outro lado, a tabela de formas contém a categoria geométricas do elemento e está referenciada a cada um dos seus pontos na tabela de coordenadas. Por exemplo, um elemento retangular, irá introduzir quatro novas entradas na tabela de coordenadas, e uma na tabela de formas.

id	x	y	z
1	57854.5	-131409	249.907
2	57857.3	-131384	249.033
3	57858.3	-131375	249.039
4	57858.3	-131375	249.055
5	56795	-133037	259.753
6	56827.8	-132957	259.937
7	56827.8	-132957	259.937
8	56914.3	-132744	259.271
9	56949.1	-132659	259.231

Figura 22 - Tabela de coordenadas

No momento da renderização, cada uma das coordenadas da forma, provenientes da base de dados, são convertidas em listagens de coordenadas x e de coordenadas y. Este processamento pode facilmente ter dezenas de milhares de iterações, isto tendo em conta a quantidade de entradas da tabela de coordenadas. Tal como a abordagem A, este processo devolve a estrutura necessária para que as formas consigam ser lidas e representadas pelo bokeh.

5.4.4.3. Comparação de performance

Foram realizados um conjunto de três testes para cada uma das abordagens, com o objetivo de identificar qual delas proporciona menores tempos de processamento no que toca à renderização dos elementos infraestruturais. Para cada conjunto foram renderizados cerca de 24000 elementos. Cada um destes elementos possuem listagens de coordenadas x e y, que são obtidas assincronamente. Nestes testes, foram cronometrados os tempos da primeira renderização, desde o momento em que a página é carregada até ao momento em que todos os elementos infraestruturais são renderizados. Os resultados estão representados na tabela abaixo.

Abordagem	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
Abordagem A	00:07:49	00:07:57	00:07:39	00:07:48
Abordagem B	00:48:28	00:47:91	00:48:03	00:48:07

Tabela 4 - Comparação de performance entre as duas abordagens

Tendo em conta que a abordagem A demorou em média 07,48 segundos, e a abordagem B demorou em média 48,07 a carregar a totalidade dos elementos infraestruturais, decidimos naturalmente optar pela implementação abordagem A.

5.5. Visualização de balanços hídricos e energéticos

Os balanços hídricos e energéticos, integrados no *user story* US5, permitem analisar o estado geral da rede hídrica e energética. Antes que seja possível representar os resultados, é necessário passar por um conjunto de modelos que calculam estes mesmos resultados.

Os resultados são apresentados sobre uma organização hierárquica, tanto para os balanços hídricos como para os energéticos. Esta organização permite analisar a água ou energia que entra no sistema, e de que forma é que estes são despendidos. Deste modo, as entidades gestoras conseguem ter mais informação, assim como uma noção mais precisa de possíveis problemas nas suas redes hídricas ou energéticas.

Na representação apresentada na Figura 23, estão exemplificados os resultados de um balanço hídrico realizado. Dos 722 910 metros cúbicos de água que entraram no sistema hídrico, parte perde-se através de fugas em ramais, condutas ou reservatórios, outra parte, perde-se através de erros de medição ou uso ilícito. Para além das perdas de água, é possível verificar a quantidade de água que não foi faturada.

Cabe às entidades gestoras validarem os valores apresentados e executarem medidas que visem a melhorar o aspeto geral da rede.

Água entrada no sistema	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso ilícito	48 520 m³
			Erros de medição	20 345 m³
		25 195 m³		
		Perdas reais	Fugas em ramais	36 493 m³
			Fugas em condutas	36 493 m³
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios	36 493 m³
	134 674 m³		109 479 m³	
	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	479 557 m³
			Consumo faturado não medido	2 889 m³
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	29 061 m³
Consumo não faturado não medido			76 729 m³	
722 910 m³	588 236 m³	105 790 m³		

Figura 23 - Representação inicial do balanço hídrico

A representação acima informa-nos relativamente à organização da árvore hierárquica e às unidades quantitativas de cada elemento. No entanto, a comparação das grandezas de cada

elemento pode ser particularmente difícil. Acaba por ser demoroso analisar as percentagens das extremidades dessa árvore. A representação não facilita a análise, por exemplo, das perdas de água por erros de medição em termos de grandeza, relativamente ao total de água que entrou no sistema. Desde modo, foi desenvolvida e proposta uma nova representação, que pretende facilitar a análise das entidades gestoras, tal como demonstrado na Figura 24.

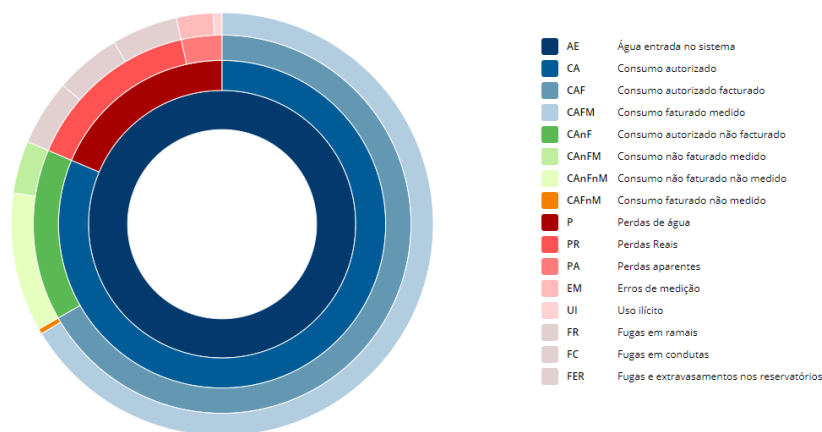


Figura 24 - Representação proposta para o balanço hídrico

A estrutura hierárquica apesar de ser a mesma, passa a estar montada de forma circular, sendo que a parte interior representa a raiz hierárquica, e as partes mais exteriores representam as extremidades da hierarquia, tal como podemos ver na Figura 25. Para além disso apresenta também algumas melhorias relativamente à representação anterior como:

- Cores de estado: Cada elemento possui uma cor que o caracteriza. Todos os elementos relacionados com perdas de água possuem uma cor vermelha. Já o consumo autorizado pode dividir-se num verde ou amarelo esverdeado. Isto para diferenciar e alertar para o consumo autorizado, mas não medido, identificado a amarelo esverdeado, ou laranja. Todos os restantes elementos são preenchidos a azul. Desta forma, os elementos que apresentam alguma anomalia ou que necessitam de mais atenção são visualmente destacados. As cores mais quentes, neste caso, vermelho, laranja ou amarelo, necessitam desta forma, um grau de atenção maior que os restantes.
- Tamanho do elemento proporcional à sua percentagem: O tamanho de cada elemento é devidamente proporcional à sua percentagem. Tendo em conta que a água entrada no sistema corresponde a 100%, este vai ter uma circunferência completa. No entanto, essa percentagem vai sendo distribuída pelos filhos, pelos filhos dos filhos, etc. Por exemplo, se as perdas de água representarem 25% da água entrada no sistema, este vai ter 1/4 da circunferência total. Se as perdas de água se dividirem por dois filhos, que representem cada um 12.5%, então estes mesmos filhos vão ter 1/8 da circunferência total.

- Informações do elemento: Cada elemento pode ser selecionado através do gráfico, ou através da listagem à direita do gráfico. São apresentadas informações adicionais como toda a hierarquia antecedente ao elemento, ou os seus valores e percentagens.

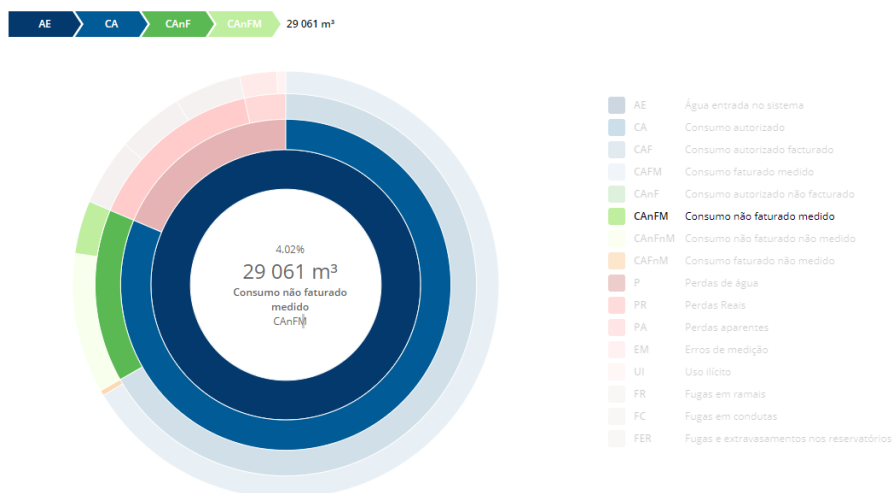


Figura 25 - Representação proposta para o balanço hídrico, com um elemento selecionado

5.6. Exportação de dados e indicadores

A plataforma oferece várias ferramentas ao utilizador, para que estes consigam, realizar uma análise sobre um conjunto de dados e indicadores de performance. As representações foram desenvolvidas para responder à necessidade das entidades gestoras. Desta forma, a análise é baseada num conjunto de cálculos realizados em tempo real pelo sistema, de forma a representar graficamente os dados e indicadores pretendidos. Estas representações são altamente customizadas, o que torna difícil a replicação das mesmas fora do contexto aplicacional.

Tendo em conta as dificuldades de replicação das representações e de forma a promover a utilização das representações fora do contexto aplicacional, foi desenvolvido o módulo de exportação, identificado no *user story* US6, capaz de exportar dados e/ou indicadores, tal como vemos na Figura 26. Esta funcionalidade permite que o utilizador selecione o formato de exportação, assim como que dados ou indicadores pretende exportar. É permitida a exportação de múltiplos dados ou indicadores, tantos quantos os representados na página.

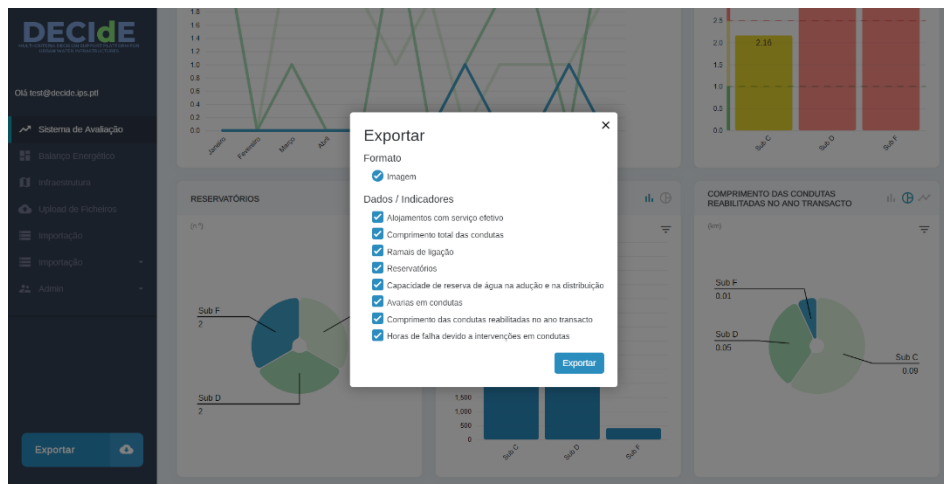


Figura 26 - Exportação de dados e indicadores

Cada vez que o utilizador realiza uma exportação, é numa primeira fase, criada uma estrutura de pastas por representação. Ou seja, para cada representação é criada uma pasta com o nome da mesma. Cada pasta contém apenas o tipo de representação do dado ou indicador renderizado na página. Por exemplo, se o utilizador pretender exportar o dado A e tendo em conta que este pode ser representado de várias formas (gráfico de barras, gráfico de queijo, etc), apenas é exportada a representação renderizada na página.

A fase seguinte passa pela conversão do SVG para canvas. Ao contrário do SVG, os elementos canvas possibilitam a conversão direta de elementos visuais para imagens. Para isso, é necessário deserializar o objeto SVG e os seus elementos de estilo, para um elemento do tipo *string* e posteriormente em binário.

Antes da utilização do elemento binário anteriormente convertido, é necessário criar um elemento canvas vazio, com um retângulo branco em fundo que ocuparia a totalidade do comprimento e largura do elemento canvas. A criação deste retângulo é necessária de forma a evitar transparências na imagem.

A função `.toBlob()` do elemento canvas, permite que seja devolvido um elemento do tipo pretendido. Neste caso em particular é uma imagem do tipo `.png`. No entanto, esta imagem ainda continua vazia. Por fim, o elemento binário é colocado no conteúdo da imagem. Nesta fase a imagem já consegue reproduzir a representação convertida e é então colocada dentro da sua pasta.

Inicialmente estava previsto dois formatos de exportação: CSV e PNG. No entanto, o formato CSV foi retirado do âmbito da entrega, devido a limitações temporais. Desta forma, está apenas disponível o formato PNG.

Abordamos de seguida, o capítulo dos testes, que pretendem validar o comportamento pretendido da plataforma e identificar possíveis problemas de funcionamento.

6. Testes

O teste é uma atividade essencial na engenharia de software. Nos termos mais simples, significa observar a execução de um software, validando se este se comporta como pretendido e identificar possíveis problemas de funcionamento [30].

A função de testar software pode ser particularmente difícil. Procurar localizar um número elevado de erros sob prazos geralmente limitados é no mínimo desafiante [31]. Considerando, por exemplo, um dispositivo com 20 entradas, em que cada entrada tinha 10 valores possíveis, esse cenário gera um total de 1020 combinações possíveis. Caso estas combinações tivessem que ser testadas de forma manual, o processo iria ser extremamente demoroso. Felizmente existe um conjunto de ferramentas e metodologias que podem ser utilizadas para esta finalidade, aumentando a própria eficiência dos testes.

Neste capítulo, vamos descrever os testes de usabilidade realizados com um conjunto de avaliadores.

6.1. Teste de usabilidade

O teste de usabilidade é a prática de testar a facilidade de uso de um design num grupo de utilizadores. Este processo consiste na observação das ações realizadas pelo utilizador, durante execução de um conjunto de tarefas. Os testes podem ser realizados para diferentes tipos de design, desde interfaces de utilizador, até produtos físicos [32].

O processo de teste possibilita a identificação de problemas referentes ao design, para que possam ser corrigidos antes da fase de produção do software. Dessa forma, os testes de usabilidade são geralmente realizados em protótipos, e não em produtos acabados. No fundo, é necessário garantir que o software é utilizável e valorizado pelo público-alvo, que as funcionalidades são fáceis de aprender, e que ajuda os utilizadores a serem eficazes e eficientes nas suas tarefas [33].

Num teste típico de usabilidade, é fornecido aos avaliadores uma série de tarefas que estes deverão executar. As tarefas representam um conjunto de ações que um utilizador final executaria num produto final [34]. Durante o teste, são registados um conjunto de dados que auxiliam métricas de avaliação. Depois da análise dos resultados relativos a cada métrica, é possível identificar aspetos do design que causaram problemas e a gravidade dos mesmos, assim como soluções tem visem a resolução dos mesmos.

6.1.1. Participantes

Durante o planeamento dos testes de usabilidade foram definidos os avaliadores que iriam proceder à realização dos testes. Estes avaliadores são divididos em dois grupos, com características distintas:

- Profissionais das entidades gestoras (PEG): Estes avaliadores constituem uma amostra dos utilizadores finais da aplicação e são considerados os peritos do domínio. Estes profissionais têm alguma experiência com sistemas de apoio à decisão, tendo por isso, algumas expectativas em relação à plataforma. Já estão, por exemplo, acostumados a certas representações de dados ou indicadores de performance. Desta forma, este grupo é essencial na avaliação da usabilidade das funcionalidades da plataforma.
- Estudantes de Engenharia Informática (EEI): Avaliadores que não são peritos do domínio da aplicação, no entanto, têm geralmente mais experiência na utilização de sistemas de informação. Estes têm conhecimentos relativos ao desenvolvimento de software e conseguem facilmente identificar problemas gerais de usabilidade.

6.1.2. Tecnologia

Numa fase inicial, foi realizada uma investigação de forma a determinar o tipo de ferramentas existentes no mercado para a realização de testes de usabilidade. A ferramenta de testes a usar neste projeto tinha que cumprir com os seguintes requisitos:

- Captar os dados necessários para as métricas utilizadas (sucesso, tempo, eficiência e satisfação). Para isso tem que ser possível criar um guião de tarefas, para serem realizadas pelo utilizador. A ferramenta tinha que ser capaz de obter os endereços iniciais, finais e tempos de execução de cada tarefa realizada pelo utilizador, assim como permitir a criação de formulários para obtenção de feedback do utilizador.
- Permitir que os utilizadores realizem os testes de usabilidade remotamente.
- Não ser necessário software adicional nas máquinas dos utilizadores.

Com base nesses requisitos foram avaliadas várias ferramentas tais como o Hotjar [35], UsabilityHub [36], CrazyEgg [37] e Optimizely [38]. No final da avaliação, foi selecionada a ferramenta Loop11 [39], uma vez que era a única que cumpria com os requisitos.

A utilização da ferramenta é relativamente simples. A plataforma recorre a uma biblioteca Javascript, disponibilizada pela ferramenta de testes, para conseguir apresentar o guião de testes, com as tarefas a serem realizadas, assim como proceder ao registo dos dados associados à execução de cada tarefa. Todos os dados registados são apresentados na dashboard da página da ferramenta e permitem a exportação desses mesmo dados para os formatos CSV e PDF. Adicionalmente a ferramenta ainda possui um conjunto de outras funcionalidades como mapas de calor, análise do fluxo de cliques ou gravação dos testes em vídeo.

6.1.3. Métricas

Cada tipo de comportamento por parte do utilizador pode ser de alguma forma medido. Os comportamentos que completam objetivos esperados são particularmente importantes para a experiência de utilização do utilizador. Pode ser por exemplo, medido através da localização dos cliques na página e a contabilização da taxa de conclusão das tarefas que o utilizador pretende realizar. A facilidade do utilizador em chegar ao seu objetivo pode ser ainda medida através do tempo ou da quantidade de cliques para atingir este objetivo. Todas as métricas são calculadas com base em comportamentos específicos de utilização.

No entanto, as métricas não dependem apenas dos comportamentos dos utilizadores, mas também dos cenários ou tarefas. Se por exemplo, o objetivo for avaliar a taxa de sucesso, é necessário definir tarefas e objetivos específicos. Sem essa definição, os testes de usabilidades tornam-se impraticáveis, uma vez que não é possível saber se a experiência de utilização foi bem-sucedida, se o utilizador estiver, por exemplo, a navegar pela plataforma, sem nenhum rumo ou objetivo.

As métricas são a melhor forma de avaliar a eficácia e a eficiência da plataforma. Se os utilizadores estiverem a cometer muitos erros, sabe-se que existe espaço para a melhoria [40]. A métrica tem grande importância uma vez que permitam entender como é que os utilizadores estão realmente a utilizar a plataforma.

6.1.3.1. Sucesso

O sucesso é uma métrica que representa o facto de o utilizador ter ou não concluído uma determinada tarefa. A não conclusão de uma tarefa pode ser uma evidência que algo necessita de ser corrigido.

Para cada tarefa que são pedidas aos utilizadores, deve existir um estado ou objetivo final. Para isso, é necessário definir o que constitui o sucesso de cada tarefa, ou seja, definir os critérios para que uma tarefa seja concluída com sucesso. Critérios mal definidos poderão levar a resultados imprecisos, alterando a realidade do estado da plataforma.

Tendo em conta que apenas existem dois estados possíveis para cada tarefa, a classificação do sucesso é binário. Cada vez que o utilizador executa uma tarefa, é classificada como 1 para o sucesso, ou como 0 para a falha. A utilização de uma classificação numérica acaba por facilitar o cálculo de médias, percentagens ou outros valores estatísticos.

De forma a classificar o sucesso, foi pré-definido para cada tarefa, um endereço inicial e um endereço de sucesso. O processo de teste da tarefa inicia-se sempre no endereço inicial. Após a conclusão da tarefa é registado o endereço final que é de seguida comparado com o endereço de sucesso. Caso os dois endereços sejam coincidentes, a tarefa é classificada como sucesso,

caso contrário a tarefa é classificada como falha. Isto acontece quando temos um endereço inicial e um de sucesso pré-definido, no entanto, em algumas tarefas não existe essa possibilidade. Quando queremos testar a interação de um botão por exemplo, conseguimos facilmente redirecionar o utilizador para uma determinada página, conseguindo através do endereço final verificar o sucesso da tarefa. Por outro lado, quando queremos testar a perceção do utilizador face um gráfico de barras por exemplo, não conseguimos entender se o utilizador conseguiu realmente visualizar um dado X na data X, ou seja, para estes casos não é possível definir um endereço de sucesso.

Nesses casos particulares, uma das formas de testar esse tipo de tarefas seria através da articulação de respostas verbais ou por escrito após a conclusão de cada tarefa. Este processo seria relativamente natural para o utilizador, no entanto, a interpretação de cada uma dessas respostas pode ser difícil, o que possibilita o aparecimento de possíveis erros em termos estatísticos.

De forma a combater as consequências da abordagem anterior, os dados dessas tarefas foram coletados através de respostas estruturadas. Essas tarefas contêm uma pergunta e um conjunto de respostas de escolha múltipla, sendo que o utilizador poderia escolher a resposta certa dentro daquele conjunto. As restantes hipóteses do conjunto seriam apenas elementos distratores.

A frequência das falhas dos utilizadores nas tarefas pode nos indicar bastante acerca do estado da plataforma em termos de usabilidade. A avaliação das falhas dos utilizadores de cada tarefa permite entender quais os elementos da plataforma que necessitam de ser melhorados, sendo que quanto maior a frequência na falha de uma tarefa, maior a necessidade de melhoria. Por vezes, esses elementos acabam por levar o utilizador ao erro, podendo ser reformulados de forma a diminuir a frequência das falhas cometidas pelos utilizadores.

O abandono é outro critério que pode ser avaliado. Apesar de em termos estatísticos se poder considerar como uma falha, o utilizador não falha propriamente na execução de uma tarefa, mas sim abandona-a por motivos indefinidos. Desta forma, não se considera o abandono das tarefas como falhas, por não se conhecer o motivo do abandono.

6.1.3.2. Tempo

O tempo na realização de uma tarefa é uma das métricas que pretende medir a eficiência de uma ou um conjunto de funcionalidades. Na maioria das situações, quanto mais rápido um utilizador conseguir concluir uma tarefa, melhor será a sua experiência de utilização. O tempo na tarefa é particularmente importante para tarefas que são executadas repetidamente pelo utilizador.

Por exemplo, se for criada uma aplicação para ser utilizada no atendimento ao cliente de uma companhia aérea, o tempo necessário para concluir uma reserva por telefone seria uma medida importante de eficiência [40]. Quanto mais rápido o elemento da companhia aérea puder concluir uma reserva, presumivelmente, maior será a quantidade de clientes atendidos o que em última análise, leva a uma maior produtividade dos elementos.

No caso das entidades gestoras de águas, o tempo de execução das tarefas é particularmente importante na tomada de decisão. Por vezes, uma decisão pode estar dependente da avaliação de um conjunto de dados. Desta forma, é importante avaliar, por exemplo, a rapidez da interpretação do utilizador, face à representação dos dados, sendo que quando mais rápido o utilizador conseguir interpretar a representação de cada dado, mais rapidamente conseguirá tomar a decisão.

Uma das questões consideradas foi a inclusão apenas de tarefas bem-sucedidas ou a todas as tarefas. Uma das razões para incluir apenas tarefas bem-sucedidas passa pela limpidez dos resultados. A inclusão de tarefas falhadas poderia resultar em tempos excessivamente baixos ou altos, distorcendo as médias de execução de cada tarefa. O utilizador pode, por exemplo, continuar a tentar repetidamente concluir uma tarefa falhada. Desta forma, as tarefas falhadas acabam por não ter grande interesse na medição desta métrica, apesar de terem sido registadas, não são incluídas nas médias temporais de cada tarefa. O mesmo acontece com tarefas abandonadas.

O registo do tempo de cada tarefa é expresso em segundos, e calculado a partir da hora de início da tarefa e da hora de fim da mesma.

6.1.3.3. Eficiência

Para além do tempo de execução de uma tarefa, outra medida de eficiência passa por observar a quantidade de esforço necessário para concluir uma tarefa. Isto é feito, medindo o número de ações ou etapas que os utilizadores realizaram na execução de cada tarefa. Uma ação pode assumir várias formas, como clicar num link do menu, definir as representações dos dados através dos botões de seleção ou verificar informações dos dados através de pop-ups. Cada ação executada por um utilizador representa uma certa quantidade de esforço. Quanto mais ações forem tomadas por um utilizador, maior é o esforço envolvido. Desta forma o objetivo é aumentar a produtividade, minimizando o número de ações necessárias para concluir uma tarefa, de forma a minimizar a quantidade de esforço.

Existem pelo menos dois tipos de esforço na realização de uma tarefa: o cognitivo e o físico. O esforço cognitivo envolve encontrar o lugar certo para realizar uma determinada ação (por exemplo, encontrar o botão para alterar as representações dos dados), decidir qual ação é necessária (ou seja, definir se desejo mesmo clicar no botão) e interpretar os resultados da ação.

O esforço físico envolve a atividade física necessária para executar uma ação, como mover e pressionar o rato ou inserir texto no teclado [41].

De forma a realizar as medições de eficiência foi necessário definir os seguintes pontos:

- Identificação das ações da respetiva tarefa: Para executar uma tarefa é necessário realizar um conjunto de ações. Desta forma, é importante identificar todas as ações que levam ao sucesso da tarefa, como por exemplo, identificar a localização de um botão, ou até mesmo, os cliques no rato ou os elementos inseridos através do teclado.
- Definição do início e do fim de uma ação: Por vezes, a ação é bastante rápida, como pressionar um botão, mas outras ações podem levar muito mais tempo. As ações de esforço cognitivo, como por exemplo, a verificação de um valor de uma representação, são naturalmente um pouco mais demoradas. Ao contrário das ações mais rápidas que têm um começo e um fim bem claro, o início e o fim das ações mais demoradas têm que ser estimadas.
- Contagem das ações: A quantidade de ações necessárias para realizar uma determinada tarefa é bastante importante para conseguirmos avaliar a eficiência de uma tarefa. O número de ações aumenta por sua vez o esforço necessário para a realização da tarefa.

A forma mais comum de analisar e apresentar métricas de eficiência é observar o número de ações que cada participante realiza para concluir uma determinada tarefa. Isto pode ser feito, calculando a média para cada tarefa, por participante. Esta análise é útil para identificar quais as tarefas que requerem um maior esforço e funciona bem quando cada tarefa requer o mesmo número de ações. No entanto, se algumas tarefas forem mais complexas do que outras, isso pode ser enganoso, uma vez que têm mais ações e exigem naturalmente mais esforço.

De forma a resolver este problema, foi utilizado o algoritmo de *Lostness* [42], que utiliza três valores:

- N: o número de diferentes ações durante a execução da tarefa
- S: O número total de ações durante a execução da tarefa, contando ações possivelmente repetidas.
- R: O número mínimo possível de ações de modo a completar a tarefa.

A *Lostness* é então calculada com seguinte fórmula:

$$Lostness = \sqrt{(N/S - 1)^2 + (R/N - 1)^2}.$$

Com a ferramenta de testes utilizada, é possível verificar a quantidade de ações realizadas por cada utilizador, em cada tarefa. No entanto, não conseguimos identificar na realização de uma determinada tarefa, se o utilizador recorreu repetidamente à mesma ação. Por exemplo, a tarefa de alteração da filtragem de uma representação é constituída por duas ações mínimas. Em primeiro lugar, o utilizador teria que pressionar com o rato, a caixa de filtragem, de modo a

visualizar as opções de filtragem. A segunda ação seria selecionar a opção pretendida, dentro da caixa de filtragem. Apesar do número mínimo de ações para a realização da tarefa ser dois, o utilizador pode por exemplo, abrir a caixa de filtragem novamente, o que iria aumentar a quantidade de ações totais para a realização da tarefa. A ferramenta de testes identifica a quantidade de ações realizadas, mas não identifica se a mesma ação foi realizada mais do que uma vez.

Ao utilizarmos a fórmula de *Lostness* [42], e tendo em conta que não conseguimos identificar as ações realizadas múltiplas vezes dentro de uma tarefa, o valor de S e de R iriam ser iguais. No exemplo descrito no paragrafo acima, que têm um número de ações mínimo de dois, e tendo em conta que, por exemplo, o utilizador realizou cinco ações para concluir a tarefa, o N seria igual a dois, o S seria igual a dois, e por fim o R igual a cinco. Desta forma teríamos a seguinte equação:

$$Lostness\ da\ tarefa\ X = \sqrt{(2/2 - 1)^2 + (5/2 - 1)^2}.$$

Uma vez que o N e o S são sempre iguais, a divisão entre um e outro iria sempre resultar no valor um, o que iria tornar a primeira parte da equação, $(N/S - 1)^2$, insignificante. Desta forma resolvemos adaptar a equação de *Lostness*, e retirar essa primeira parte, resultando na seguinte equação:

$$Lostness = \sqrt{(R/N - 1)^2}.$$

Através deste cálculo, conseguimos facilmente chegar aos níveis de eficiência da tarefa. Quanto menor a *lostness*, mais eficiente foi o utilizador na realização da tarefa. Desta forma, uma *lostness* nula, ou seja, quando é igual a zero, corresponde ao nível máximo de eficiência, ou seja, 100% [42]. Foi, portanto, utilizada a seguinte fórmula, de modo a calcular a percentagem de eficiência:

$$Eficiência = 1 - Lostness.$$

6.1.3.4. Satisfação

Os dados reportados pelos utilizadores fornecem informações importantes sobre a perceção e interação dos mesmos, em relação ao sistema. Uma má experiência de utilização pode levar eventualmente à não utilização da plataforma por parte do utilizador. Isto acontece quando, por exemplo, as funcionalidades do software não respondem as necessidades do utilizador, ou até mesmo quando o software possui problemas de usabilidade, dificultando a experiência do utilizador.

A satisfação é tudo aquilo que o utilizador diz ou pensa sobre a sua interação com o produto. O utilizador pode informar que foi fácil de usar, confuso, que excedeu suas expectativas, ou pode mesmo dar opiniões sobre o aspeto visual do produto e as suas funcionalidades [40].

A captação da informação relativa à satisfação foi realizada no final de cada sessão de testes e através de dois métodos: com escalas de *Likert* e através de comentários de utilizadores.

A versão original da escala de *Likert* é constituída por cinco níveis de concordância como “discordo totalmente”, “indiferente” ou “concordo parcialmente” [43]. Algumas pessoas preferem usar uma escala de sete pontos, mas fica um pouco mais difícil encontrar termos descritivos para cada ponto à medida que se alcança números mais altos. Esta é uma razão pela qual muitos investigadores abandonaram os termos descritivos já existentes [40]. Como alternativa, foi utilizada uma escala de cinco valores numéricos, de forma a que o utilizador consiga definir o seu nível de satisfação perante a utilização da plataforma.

Por outro lado, também foram coletados comentários dos utilizadores, de forma a investigar mais explicitamente a satisfação. Esta forma fornece uma avaliação eficaz sobre a experiência de utilização e a satisfação do utilizador, conseguindo identificar possíveis problemas ou dificuldades de utilização da plataforma.

Fazer com que o utilizador forneça respostas oralmente é o método mais fácil do ponto de vista do participante, no entanto os utilizadores podem, por vezes, sentirem-se desconfortáveis ao declarar verbalmente classificações ou comentários negativos. Desta forma, ambos os resultados dos dois métodos utilizados foram recolhidos através de formulários de escala ou caixas de comentários, que são funcionalidades que estão disponíveis na ferramenta de teste utilizada.

6.1.4. Preparação

De modo a guiar o utilizador para a execução das tarefas pretendidas, foi necessário desenvolver um guia de tarefas que seria introduzido na ferramenta de teste. As tarefas foram definidas de forma a conseguirem incluir todas as funcionalidades do módulo de representação de dados e indicadores da plataforma. A cada tarefa, foi associado o endereço inicial, onde o utilizador iria iniciar a tarefa, e o endereço de sucesso da tarefa. Na conclusão da tarefa, o endereço final obtido pelo utilizador é posteriormente utilizado de forma a verificar se o utilizador concluiu a tarefa com sucesso ou não. Para além dos endereços, foi também necessário definir o número de ações mínimo de cada tarefa para posteriormente serem calculadas as eficiências de cada tarefa.

A incorporação do script da ferramenta na plataforma permite criação dos elementos necessários para a realização do teste, como elementos html, as folhas de estilo e as funções em JavaScript.

No final da realização de cada tarefa, o endereço final obtido pelo utilizador é comparado com o endereço sucesso da tarefa e caso seja o mesmo, considera-se que a tarefa foi realizada com sucesso. Por exemplo, quando queremos verificar se o utilizador selecionou o menu correto,

conseguimos facilmente comparar o endereço para o qual o utilizador foi redirecionado, com o endereço de sucesso. No entanto, por vezes é difícil definir um endereço de sucesso para uma determinada tarefa. Nos casos das tarefas que estão dependentes de interações dentro da mesma página, por exemplo, se quisermos verificar se o utilizador selecionou a caixa de seleção correta, são particularmente difíceis de verificar se o utilizador concluiu a tarefa pretendida.

Para estes últimos casos em particular, e uma vez que não é possível obter endereços de sucesso pelo menos de forma direta, foi necessário outro tipo de abordagem. Desenvolveu-se um método em JavaScript, sendo que na execução de uma ação, este altera o endereço de navegação, identificando o tipo de ação realizada, tal como na Figura 27.



```
https://decide.ips.pt/data/?t1_2=_16_18_20_21
```

Figura 27 - Endereço final da tarefa 1.2

Para a tarefa 1.2, que pretende que o utilizador selecione caixas de seleção de quatro áreas de análise (identificadas com 16, 18, 20 e 21), cada vez que o utilizador seleciona uma caixa de seleção, é introduzido um novo valor no endereço. Na Figura 27, a parte azul identifica o número da tarefa, que neste caso corresponde à tarefa 1.2 e a parte laranja identifica todos os valores obtidos da interação do utilizador, que neste caso, foram a seleção das áreas de análise 16, 18, 20 e 21.

Esta metodologia acaba por conseguir identificar as ações realizadas pelos utilizadores em qualquer tipo de tarefa, incluindo tarefas que necessitem de interações com os utilizadores, desenvolvidas em JavaScript.

6.1.5. Procedimento

O teste de usabilidade foi realizado para cada um dos grupos (profissionais das entidades e estudantes de Engenharia Informática) e consiste na realização de treze tarefas e duas questões opcionais relativas à satisfação do utilizador, não existindo limite temporal para a sua conclusão. O processo inicia-se com o acesso ao endereço de teste, gerado pela ferramenta de teste. Este endereço é único e utilizado por todos os participantes. Após acederem ao endereço, as tarefas surgem sequencialmente numa caixa de diálogo. Para além das caixas de diálogo conterem a descrição daquilo que é pretendido para cada tarefa, também possuem um botão de conclusão que permite ao utilizador terminar a tarefa atual e passar para a seguinte, assim como um botão para esconder a caixa de diálogo, de forma a continuar a tarefa atual, e por fim um botão para abandonar a tarefa atual, tal como representado na Figura 28. Para cada tarefa são registados os dados necessários para a avaliação das métricas, como o sucesso da tarefa, tempo de execução ou número de cliques.

As tarefas e questões realizadas durante o teste foram as seguintes:

- **0.1. Login** - De forma a aceder às funcionalidades da plataforma terá que realizar o login (email: test@decide.ips.pt, password: test123!).
- **1.1. Representação** - De forma a visualizar dados e indicadores de performance, seleccione o menu correto.
- **1.2. Representação** - Selecionar os subsistemas A, C, E, F.
- **1.3. Representação** - Selecionar todos os dados da categoria Infraestruturas e indicador “Ocorrência de avarias em condutas”. Para isso remova os dados/indicadores seleccionados por defeito.
- **1.4. Representação** - Verifique agora o código do indicador seleccionado. Qual o seu código?
- **1.5. Representação** - Selecionar o dia 31 de Janeiro de 2018.
- **2.1. Filtragem** - Remover o subsistema C da representação do dado “Ramais de Ligação”.
- **2.2. Filtragem** - Ordenar gráfico de “Ramais de ligação” por valor, de forma crescente.
- **3.1. Verificação** - Verificar quantas “Intervenções em Ramais” ocorreram para o subsistema F no mês de Novembro. Quantas intervenções ocorreram, no subsistema F, para o período em causa?
- **3.2. Verificação** - Verificar quais os subsistemas com performance negativa nas “Ocorrências de Avarias em Ramais”. Quais os subsistemas que identificou com performance negativa?
- **4.1. Customização** - Alterar o dado “Ramais de Ligação” para gráfico circular.
- **4.2. Customização** - Mover o gráfico das “Intervenções em Ramais” para cima (1ª linha) e aumentar horizontalmente a representação de forma a ocupar a largura total do ecrã (3 colunas)
- **5.1. Exportação** - Exportar dados “Intervenções em ramais” e “Ocorrência de avarias em ramais” para imagem
- **6.1 Classificação** - Como classifica a usabilidade da plataforma? (questionário opcional)
- **6.2 Classificação** - Tem alguma sugestão? (questionário opcional)

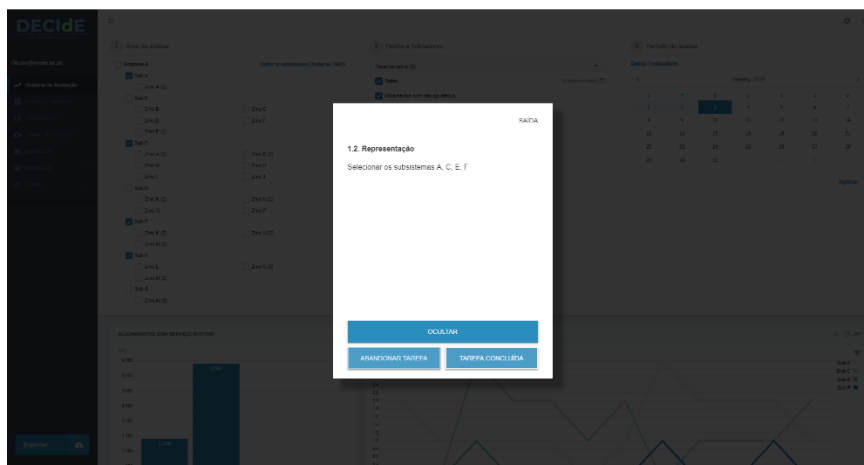


Figura 28- Representação da tarefa 1.2

6.1.6. Resultados

A análise dos resultados obtidos dos testes de usabilidade permite-nos verificar o estado geral da plataforma em termos de usabilidade. Na eventualidade de resultados insatisfatórios pode nos levar à necessidade de alterações na plataforma.

6.1.6.1. Sucesso

Analisando a percentagem média de sucesso por tarefa, expressa na Figura 29, podemos verificar que tarefas de login (0.1), filtragem (2.1, 2.2) e customização (4.1, 4.2) obtiveram uma percentagem entre os 90% e os 100%, considerando-se por isso um resultado bastante satisfatório para as tarefas em causa [A.3].

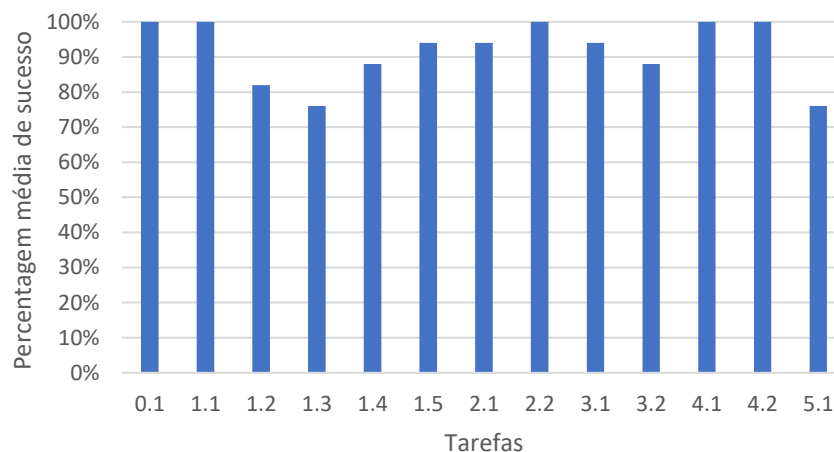


Figura 29 - Percentagem média de sucesso por tarefa

Por outro lado, tarefas de representação como a 1.2, 1.3 e 1.4 obtiveram resultados menos positivos, considerados entre 70% e 90%. Tal como representado na Figura 30, é possível verificar que os erros cometidos são em grande parte realizados pelo grupo de estudantes de engenharia informática (EEI) e não pelos profissionais das entidades gestoras (PEG). No caso particular das tarefas relativas à representação, todos os erros foram realizados por estudantes de engenharia informática. Desta forma, consideramos que a principal causa para os erros das tarefas de representação, são essencialmente pelo desconhecimento de conceitos como a divisão das áreas de análise em subsistemas ou zonas de monitorização e controlo, ou pelo desconhecimento dos dados, indicadores e as categorias em que estes são englobados.

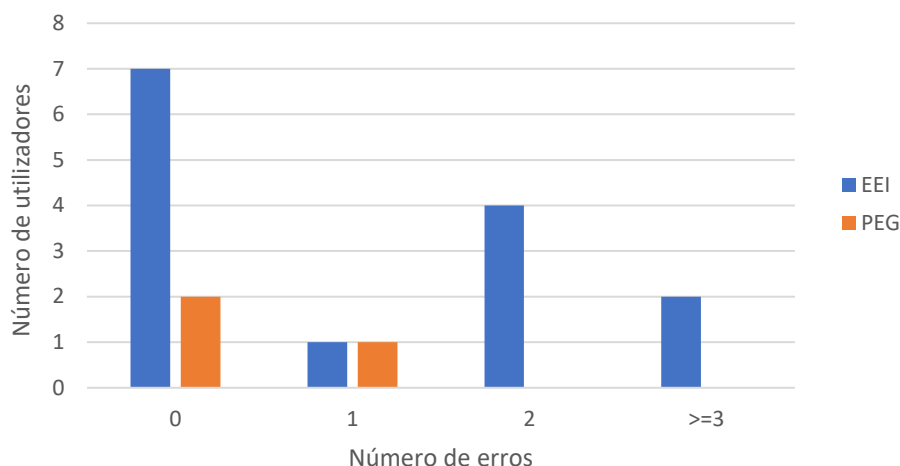


Figura 30 - Quantidade de erros por grupo

A tarefa de verificação 3.2 também apresentou alguns erros, sendo que todos estes, tal como no conjunto anterior, foram apenas cometidos pelo grupo de estudantes de engenharia informática. Uma vez que esta tarefa pretende avaliar a perceção do utilizador face à representação de um dado apresentado, foi realizada uma pergunta de escolha múltipla que continha apenas uma resposta certa. No caso da resposta do utilizador não ser a correta, a tarefa é identificada como erro. Considera-se, portanto, que existe alguma dificuldade na leitura dos níveis de desempenho dos indicadores de performance em grupos que não estão familiarizados com este tipo de representação de dados.

Por último, é possível identificar através da Figura 29, que a tarefa de exportação (5.1) obteve uma percentagem de sucesso compreendida entre 70% e 80% o que consideramos insatisfatório. Não sendo possível identificar de forma clara, possíveis causas para a ocorrência dos erros da tarefa de exportação, recorremos outras métricas, como o tempo de cada tarefa, a satisfação, ou a análise heurística, que evidenciam melhor o problema.

6.1.6.2. Tempo

A métrica temporal foi analisada individualmente para cada tarefa e teve em conta possíveis demoras no carregamento da página, por sobrecarga do servidor da plataforma, ou lentidão no próprio sistema operativo do utilizador. Foi observado durante a realização dos testes de usabilidade que estas demoras, em alguns casos, chegaram aos 10 segundo [A.4].

Através do tempo médio das tarefas por grupo, representado na Figura 31, verificamos que a tarefa de login obteve tempos médios satisfatórios. Por outro lado, as tarefas de representação, nomeadamente a 1.1, que consistia na seleção do menu correto de forma a obter a página de representação de dados e de indicadores de performance, foi executado num período temporal maior que esperado. Apesar de todos os utilizadores terem terminado a tarefa com sucesso,

existiu uma demora na sua conclusão, que foi possivelmente incentivado pela dificuldade em relacionar o nome do menu, “Sistema de avaliação”, com o que era pretendido, que seria representar os dados e indicadores de performance. As tarefas 1.3 e 1.4 obtiveram, tal como na métrica de sucesso, resultados menos bons. O grupo dos estudantes informáticos demorou bastante mais tempo na realização deste conjunto de tarefas do que o grupo dos profissionais das entidades gestoras, comprovando mais uma vez que alguma dificuldade por parte do grupo dos estudantes de engenharia informática na interpretação de dados, indicadores de performance e os conceitos associados.

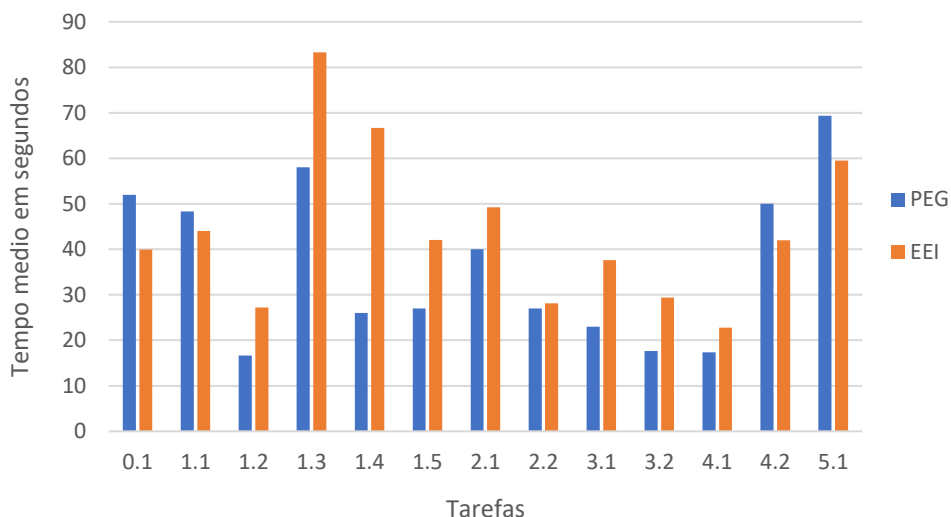


Figura 31 - Tempo médio das tarefas por grupo

As tarefas de filtragem (2.1, 2.2) e verificação (3.1, 3.2) obtiveram um decréscimo de tempo das primeiras tarefas (2.1 e 3.1) para as segundas (2.2 e 3.2). Este decréscimo é incentivado pelo fator de aprendizagem, visto que as segundas tarefas utilizam as mesmas funcionalidades das primeiras.

Por último, é possível verificar que a tarefa de exportação (5.1) também apresenta tempos de execução elevados para ambos os grupos. Tendo em conta os elevados tempos de execução e as taxas de sucesso desta tarefa, que estão compreendidas entre 70% e 80%, existe uma elevada probabilidade destes resultados serem derivados ao facto de o utilizador não encontrar o botão de exportação, que é obviamente essencial para a realização da tarefa.

6.1.6.3. Eficiência

Através da eficiência conseguimos medir o esforço realizado pelo utilizador na execução de uma determinada tarefa [A.5]. No entanto, as tarefas que avaliam a perceção do utilizador como a 1.4, 3.1 e 3.2 não foram analisadas para esta métrica, uma que não requerem nenhum esforço físico para a sua conclusão. Para cada uma das restantes tarefas, foi definido um número mínimo

de ações necessárias para a realização da tarefa com sucesso. Tanto o número mínimo de ações como as ações realizadas pelo utilizador durante a tarefa, servem de dado de entrada para o cálculo da eficiência.

As percentagens médias de eficiência por tarefa podem ser visualizadas na Figura 32. Podemos verificar que a tarefa de seleção do menu de avaliação de dados e indicadores, 1.1, obteve uma percentagem de eficiência de cerca de 70%. Esta percentagem expõe alguma dúvida por parte do utilizado na seleção do menu correto.

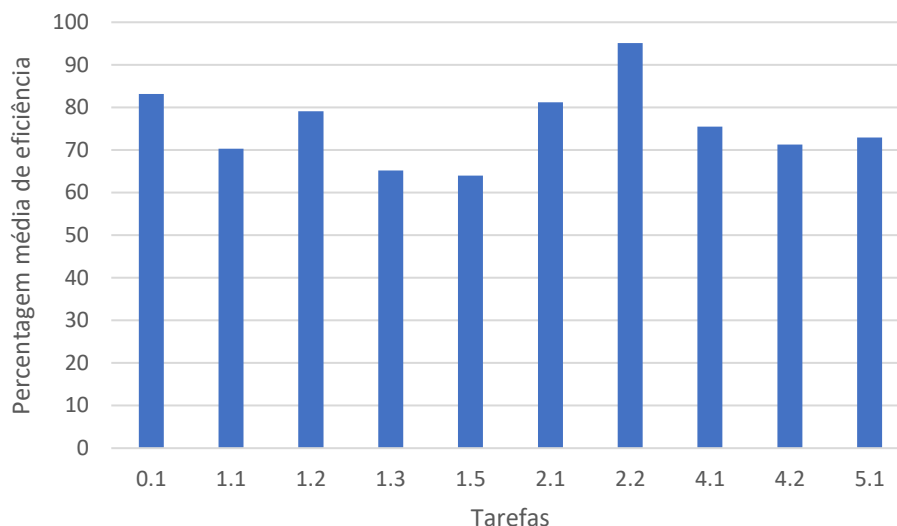


Figura 32 - Percentagem média de eficiência por tarefa

Podemos verificar que, para as tarefas de representação 1.3 e 1.5, os utilizadores tiveram alguma dificuldade em identificar os elementos da página que diminuam o esforço necessário para a realização da tarefa proposta. Analisando a Figura 33, é possível visualizar que os profissionais das entidades gestoras foram bastante ineficientes na manipulação do calendário que permite selecionar o período temporal para a análise dos dados e indicadores de performance definidos. O elevado número de ações realizadas mostra-nos que, possivelmente os elementos deste grupo foram retrocedendo os meses, um a um, até chegar à data pretendida, que seria dia 31 de Janeiro de 2018. De modo a reduzir o esforço necessário para a realização da tarefa foi introduzido, durante o período de desenvolvimento, um elemento na página que permite selecionar diretamente o mês pretendido. A introdução deste elemento possibilita a realização da tarefa com um mínimo de cinco ações. A não utilização do mesmo pode até mesmo chegar as duas dezenas de ações necessárias para concluir a tarefa.

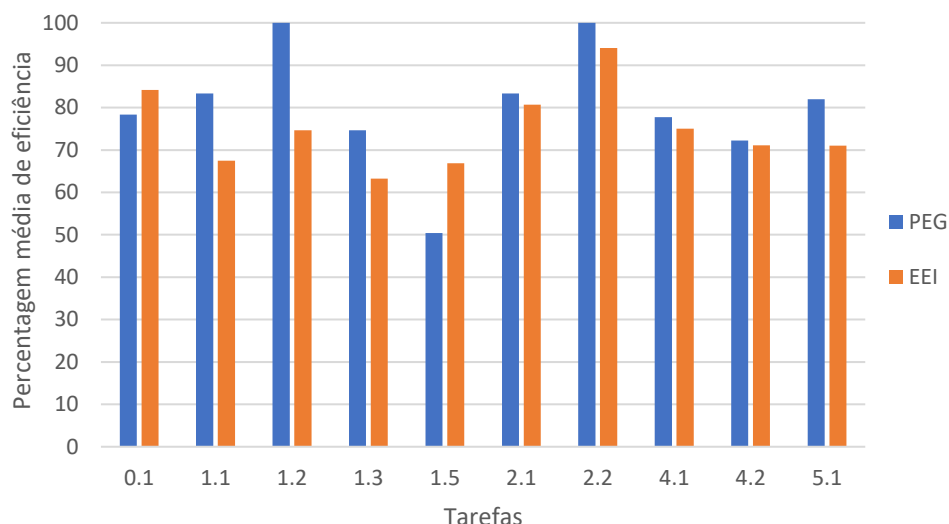


Figura 33 - Percentagem média de eficiência de cada tarefa por grupo

Por último, as tarefas de customização (4.1 e 4.2) e de exportação (5.1) apresentam uma percentagem média de eficiência entre os 70% e 80%, havendo margem para algumas melhorias em termos de interface, de modo a reduzir o esforço necessário para executar as tarefas propostas.

6.1.6.4. Satisfação

A satisfação permite-nos verificar todo o processo de interação da plataforma com o utilizador. Esta métrica foi captada através do feedback do utilizador, realizado através da escala de Likert e de conteúdo escrito nas caixas de comentários, no final da realização dos testes de usabilidade. A escala de Likert pretende classificar a usabilidade da aplicação, através de cinco níveis de classificação. A resposta do utilizador é única, ou seja, só pode seleccionar um dos cinco níveis disponibilizados.

Tendo em conta que o feedback do utilizador é opcional, recebemos dados de 17 utilizadores para a escala de Likert e conteúdo escrito de 9 utilizadores. Os resultados da classificação de usabilidade através da escala de Likert, está representada na Figura 34.

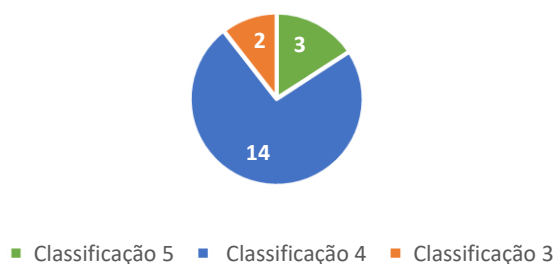


Figura 34 - Resultados da classificação de usabilidade

É possível verificar que grande parte dos utilizadores classificaram a usabilidade da aplicação com o nível 4. Três utilizadores classificaram a aplicação com o nível máximo, e dois utilizadores classificaram a aplicação com o nível 3. Desta forma a classificação média é de 4, indicando portanto, a existência alguma margem para melhorias em termos de usabilidade.

Por outro lado, através dos comentários realizados pelos utilizadores, conseguimos identificar as seguintes dificuldades:

- Dificuldade na diferenciação de dados e indicadores, assim como na seleção dos mesmos através das categorias apresentadas.
- Dificuldade na identificação dos pop-ups informativos dos dados ou indicadores.
- Dificuldade na localização do botão de exportação que possibilita o acesso à área de exportação dos dados e indicadores.

Dois utilizadores destacaram também a importância da criação de uma área de ajuda, que caracteriza todo o processo de representação dos dados, manipulação e exportação dos mesmos.

6.2. Análise heurística

Uma boa usabilidade reflete a qualidade de um software, e portanto, quanto melhor a usabilidade, mais fácil será a interação do utilizador com a plataforma. Com isto é importante avaliar a usabilidade da plataforma desenvolvida.

A principal forma de avaliação da usabilidade passa pela realização de testes de usabilidade. No entanto, a análise heurística tem como função apoiar o processo de avaliação realizando uma avaliação completa da interface, detetando problemas de usabilidade. Ao contrário dos testes de usabilidade, as análises heurísticas não são realizadas por utilizadores comuns. A experiência de um avaliador heurístico pode não corresponder às experiências dos utilizadores da plataforma. Estes baseiam as suas avaliações num conjunto de práticas que promovem a usabilidade. As avaliações heurísticas analisam cuidadosamente o software e geralmente captam coisas que os utilizadores comuns não identificam, como inconsistências nos elementos gráficos que compõem a plataforma.

O processo de análise é conduzido por um conjunto de princípios de usabilidade conhecidos como heurísticas. As heurísticas utilizadas foram desenvolvidas por Nielsen e Molich e baseado em vários anos de experiência no ensino e consultoria, na área de engenharia de usabilidade [44]. O conjunto de heurísticas explicam uma grande proporção dos problemas observados na interação com o software. Estas heurísticas são reconhecidas pelas comunidades de desenvolvimento de interface de utilizador, o que leva a maioria das pessoas a pensar que estes princípios são óbvios, no entanto, podem ser particularmente difíceis de aplicar na prática [45].

As heurísticas desenvolvidas por Nielsen e Molich e utilizadas na análise são as seguintes:

- Visibilidade do estado do sistema (H1): O sistema deve manter os utilizadores informados sobre o que está a acontecer, através de um feedback apropriado e dentro de um prazo razoável.
- Ligação entre o sistema e o mundo real (H2): O sistema deve falar o idioma do utilizador, com palavras, frases e conceitos familiares ao mesmo, em vez de termos orientados ao sistema.
- Controlo e liberdade do utilizador (H3): Por vezes os utilizadores acedem a funcionalidades de sistema por engano e necessitam de uma “saída de emergência”. O elemento de saída tem que estar claramente explícito. É necessário que o software tenha suporte para desfazer e refazer.
- Consistência e padrões (H4): Os utilizadores não devem se devem questionar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa. É necessário seguir as convenções e normas atuais.
- Prevenção de erros (H5): Melhor que boas mensagens de erro, é um design cuidadoso que evita a ocorrência de um problema. É importante eliminar condições propensas a erros.
- Reconhecer em vez de relembrar (H6): É importante minimizar a carga de memória do utilizador, tornando objetos, ações e opções visíveis. O utilizador não deve ter que se relembrar de como utilizar funcionalidades do sistema. As instruções de uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que apropriado.
- Flexibilidade e eficiência de uso (H7): Aceleradores - invisíveis para o utilizador iniciante - geralmente aceleram a interação do utilizador experiente, de modo que o sistema possa atender aos dois tipos de utilizadores. É necessário permitir que os utilizadores adaptem ações frequentes.
- Estética e design minimalista (H8): Os elementos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Quanto mais informação, maior é a dificuldade na identificação de elementos realmente importantes.
- Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros (H9): As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, indicar com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução.
- Ajuda e documentação (H10): É importante fornecer ajuda e documentação. Essas informações devem ser fáceis de pesquisar, focadas na utilização das funcionalidades, identificando etapas concretas a serem executadas.

6.2.1. Participantes

Elementos especialistas como profissionais de desenvolvimento de interfaces de utilizador conseguem fornecer avaliações heurísticas especializadas, tendo geralmente conhecimentos no

campo da engenharia de usabilidade. Isso ocorre tendo em conta que estes têm uma vasta experiência prática e qualificações académicas avançadas nesta área.

Com a impossibilidade da participação deste tipo de profissionais para a execução da análise heurística, foram selecionados sete estudantes de engenharia informática. Apesar de não terem uma vasta experiência prática na área da engenharia de usabilidade, possuem os conhecimentos académicos necessários para a realização da análise heurística.

6.2.2. Procedimento

A primeira parte do processo de análise heurística passa pela introdução da plataforma aos participantes. Cada elemento explora livremente o sistema de representação de dados e indicadores, executando de seguida as seguintes tarefas:

- Identificar os problemas baseados nas heurísticas: As diferentes heurísticas identificam diferentes conjunto de problemas. É necessário que cada participante verifique os problemas associados a cada heurística.
- Recomendar soluções: Cada problema tem por norma várias possibilidades de soluções. É importante que cada participante recomende possíveis soluções para os problemas identificados

6.2.3. Resultados

Análise Heurística trata-se de uma técnica de avaliação da usabilidade de um determinado software, sendo uma das técnicas mais importantes para projetar a experiências de utilização. A avaliação realizada pelos participantes permite a identificação de problemas de usabilidade da plataforma assim como possíveis soluções para os problemas em causa.

O processo de análise heurística foi realizada pelos participantes durante o período de uma hora. Verificou-se durante o processo, algum congestionamento da rede, levando por vezes a alguma demora no carregamento das páginas. Esta demora que até pode ser considerada algo de negativo, no entanto, permitiu-nos testar a plataforma em condições anormais. Este acontecimento acabou por permitir a identificação de problemas de visibilidade de estado do sistema.

As análises individuais de cada participante, deram origem aos resultados apresentados de seguida, agrupados por heurística:

- Visibilidade do estado do sistema (H1)
 - Avaliação: O estado do sistema nem sempre é visível quando se aguarda pelo carregamento dos dados e indicadores de performance.

- Sugestão: Apresentação de pop-up ou área na página que indique o carregamento da mesma. O mesmo pode ser realizado, utilizando chamadas assíncronas que carreguem os dados em tempo real, recorrendo por exemplo a AJAX.
- Ligação entre o sistema e o mundo real (H2)
 - Avaliação: A forma como a aplicação comunica com o utilizador é compreensível. Os elementos da interface são facilmente identificáveis.
- Controlo e liberdade do utilizador (H3)
 - Avaliação: É possível alterar campos e voltar atrás em escolhas prévias. A interface oferece um fácil controlo.
- Consistência e padrões (H4)
 - Avaliação: Botão de exportação é particularmente difícil de localizar.
 - Sugestão: Apresentação do botão de exportação na área de manipulação dos dados e não debaixo do menu. Alterando a localização e destacando o botão utilizado outro conjunto de cores, iria facilitar a identificação da área de exportação.
- Prevenção de erros (H5)
 - Avaliação: O utilizador não é devidamente informado da não existência de resultados para dados e indicadores num determinado período selecionado.
 - Sugestão: Identificação da não existência de dados e indicadores antes mesmo do utilizador selecionar o período de análise. Como por exemplo, destacar no calendário, os períodos disponíveis para os dados e indicadores selecionados. Para isso tem que existir uma verificação dos períodos disponíveis, para cada vez que o utilizador altera as suas escolhas de dados e indicadores. O mesmo pode ser realizado utilizando chamadas em AJAX.
- Reconhecer em vez de lembrar (H6)
 - Avaliação: As mesmas ações podem ser executadas em diferentes partes da interface, o que facilita a utilização da mesma.
- Flexibilidade e eficiência de uso (H7)
 - Avaliação: Utilização de opções de customização e filtragem individual de cada representação. Este tipo de ferramentas tem em foco utilizadores mais experientes. O sistema possui um conjunto de áreas de análise, dados, indicadores e período de análise selecionados por defeito.
- Estética e design minimalista (H8)
 - Avaliação: Estética e design minimalista. Os elementos realizam as funções para as quais estes foram desenvolvidos. No entanto, existe alguma confusão no processo de seleção de dados e indicadores.
 - Sugestão: Alteração na organização dos dados e indicadores. Por exemplo, a apresentação das categorias dos dados e indicadores pode ser implementada utilizando tags como UL's e LI's, em vez de caixas de seleção. Utilizado uma

estrutura hierárquica é possível visualizar todas as categorias e dados/indicadores que compõem as mesmas.

- Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros (H9)
 - Avaliação: As mensagens de erros são eficazes e facilitam a utilização da plataforma, principalmente na seleção de áreas de análise, dados, indicadores e períodos de análise.
- Ajuda e documentação (H10)
 - Avaliação: O sistema não contém documentação, nem de uma área de ajuda na plataforma.
 - Sugestão: Criação de uma área de ajuda, que defina os passos necessários para a utilização das funcionalidades do sistema.

6.3. Conclusão

Com a intenção de avaliar o estado geral da plataforma em termos de usabilidade, foram realizados um conjunto de testes de usabilidade e análises heurísticas. Os testes validaram a importância da plataforma no processo de tomada de decisão, assim como na eficiência e produtividade dos elementos das entidades gestoras. Os dois tipos de testes também identificaram alguns problemas de usabilidade da plataforma.

Os testes de usabilidade foram realizados por dois conjuntos de participantes. Por um lado, foram executados por profissionais das entidades gestoras, que estão enquadrados no contexto para o qual a plataforma foi desenvolvida. Estes profissionais estão familiarizados com certas representações de dados e indicadores de performance. Por outro lado, também foram realizados por estudantes de engenharia informática. Estes elementos não estão enquadrados no contexto para o qual a plataforma foi desenvolvida, no entanto, têm geralmente experiência na utilização e desenvolvimento de sistemas de informação. Tendo em conta as áreas de conhecimento dos dois diferentes grupos, assim como, a experiência profissional dos mesmos, os dois grupos apresentam por norma diferentes tipos de feedback. Estes dois diferentes tipos de feedback identificam muitas das vezes diferentes tipos de problemas relativos à usabilidade.

As análises heurísticas foram executadas por um grupo selecionado de estudantes de engenharia informática. Apesar de não terem uma vasta experiência prática na área da engenharia de usabilidade, possuem os conhecimentos académicos necessários para a realização da análise heurística. Estas avaliações tiveram como base, o conjunto de dez heurísticas definidas por Nielsen e Molich [44].

Após a análise dos resultados obtidos dos dois tipos de testes realizados, foram identificados os seguintes problemas:

- Dificuldade na identificação da área de representação de dados ou indicadores. A designação no menu, “Sistema de avaliação”, é pouco clara e causa alguma confusão ao utilizador.
- O estado do sistema nem sempre é visível quando se aguarda pelo carregamento dos dados e indicadores de performance.
- Dificuldade na identificação do tipo de área de análise (sistema, subsistema ou zmc)
- Dificuldade na diferenciação de dados e indicadores, assim como na seleção dos mesmos através das categorias apresentadas.
- Ineficiência na escolha do período temporal para a análise dos dados. Esta ineficiência é causada pela dificuldade na identificação do botão no calendário, que possibilita a escolha direta do mês ou ano pretendido.
- O utilizador não é devidamente informado da não existência de resultados para dados e indicadores num determinado período selecionado.
- Dificuldade na leitura dos níveis de desempenho dos indicadores de performance.
- Dificuldade na localização do botão de exportação que possibilita o acesso à área de exportação dos dados e indicadores.
- Não existência de uma área de ajuda que auxilie a utilização de todas as funcionalidades.

De forma a solucionar os problemas identificados, foram propostos um conjunto de intervenções à plataforma:

- Alteração do menu de “Sistema de avaliação” para “Dados e indicadores”. Esta nova designação fica mais clara e fácil de identificar a área em causa.
- Criação de um pop-up que identifique o carregamento dos dados e indicadores de performance.
- Criação de um pop-up de identificação do tipo de área de análise (sistema, subsistema ou zmc) quando o elemento é focado.
- Alteração do processo de seleção dos dados e indicadores. O desenvolvimento de uma área adicional, em pop-up, permite que exista um espaço maior para a representação de dados e indicadores. Desta forma é possível representar a totalidade dos dados e indicadores, separados por categorias, numa única área de visualização.
- Destaque no botão de alteração do mês ou ano do calendário, através da alteração da cor do mesmo para verde.
- Identificação da não existência de dados e indicadores antes mesmo do utilizador selecionar o período de análise. Esta identificação é realizada através do destaque dos períodos disponíveis para os dados e indicadores selecionados. A todos os períodos não disponíveis, é aplicada opacidade.
- Adição de uma legenda referente a cada nível de desempenho na representação dos indicadores de performance

- Apresentação do botão de exportação na área de manipulação dos dados e não debaixo do menu. Para além disto, o destaque do botão para a cor verde, facilita a identificação da área de exportação.
- Criação de uma área de ajuda, que define os passos necessários para a utilização das funcionalidades do sistema.

Todas as soluções acima referidas foram implementadas, estando atualmente disponíveis na plataforma DECIdE.

7. Conclusões e trabalhos futuros

O processo de desenvolvimento do projeto contou com várias fases e tarefas, que foram distribuídas pela equipa. A análise de requisitos teve naturalmente uma grande importância nesse mesmo processo, porque define como a plataforma deverá interagir com os utilizadores numa ampla variedade de situações reais.

De modo a definir os comportamentos gerais do sistema, as suas funcionalidades e a importância das mesmas, foi realizado um conjunto de reuniões, onde foi possível interagir com as entidades gestoras. De forma a garantir a realização destas reuniões, era necessário que todas as entidades gestoras parceiras tenham disponibilidades nas datas estabelecidas. No entanto, as elevadas cargas de trabalho das entidades gestoras, levaram a algumas dificuldades no estabelecimento das mesmas. Estas dificuldades acabaram por causar alguns atrasos na definição de certos comportamentos do sistema, atrasando por sua vez a análise de requisitos.

A análise de requisitos deu origem a user stories, que foram utilizadas pela equipa de forma a auxiliar o processo de desenvolvimento da plataforma. As user stories que contaram com a nossa participação foram as seguintes: US4, US5, US6.

No que toca à US4, o processo de desenvolvimento foi demoroso. Por um lado, todas as representações foram criadas de raiz, tendo as suas próprias particularidades. Por outro lado, o desenvolvimento das tarefas da user story estavam por vezes dependentes da conclusão de tarefas ligadas à base de dados, de forma a permitir a realização dos cálculos necessários para as representações.

Devido à falta de elementos georreferenciados, como contadores ou bombas de água, foi-nos impossível representar esse tipo de elementos em grande parte devido às limitações das entidades gestoras. De facto, esta informação não contava nas bases de dados dos sistemas geográficos das várias entidades.

A user story de visualização de balanços hídricos e energéticos, US5, acabou por sofrer alguns atrasos, devido ao afinamento do modelo de cálculo dos balanços hídricos e energéticos e devido a alguma dificuldade de comunicação com elementos da equipa, que também estavam responsáveis pelo user story em questão.

Por fim, no que toca à de exportação de dados e indicadores (US6), estavam inicialmente previstos dois formatos de exportação: CSV e PNG. No entanto, o formato CSV foi retirado do âmbito da entrega, devido a limitações temporais do projeto. Desta forma, está apenas disponível o formato PNG.

Mesmo apesar dos atrasos, todas as user stories que contaram com a nossa participação, foram desenvolvidas com sucesso, indo ao encontro das funcionalidade e comportamentos do

sistema que estavam inicialmente previstos. Os aspetos de visualização desenvolvidos, foram preponderantes para a análise da infraestrutura de gestão de água, em especial no processo de tomada de decisão das entidades gestoras. Estes elementos permitem a análise agregada de dados, através de diversos níveis de customização, resolvendo o problema da disparidade dos dados entre os diversos sistemas de informação, que era inicialmente apontado.

Para além disso, demos o nosso contributo no desenvolvimento e proposta uma nova representação, que tencionava combater a dificuldade das entidades gestoras na análise de balanços hídricos e energéticos. Isto tendo em conta que inicialmente, não estava contemplado nenhum tipo de representação gráfica para os mesmos.

A interação com os peritos revelou-se bastante positiva, tendo em conta a baixa experiência dos elementos da equipa em projetos de investigação. Esta interação permitiu-nos angariar conhecimentos técnicos tanto na área de engenharia de software, como em áreas um pouco mais distintas, tais como engenharia civil ou na gestão de recursos hídricos.

Foram identificados ainda na análise de requisitos, possíveis desenvolvimentos futuros, nomeadamente a importação de dados automaticamente, através da criação de serviços que comunicam diretamente com a entidade, e a produção e exportação de relatórios anuais para a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR).

Durante o decorrer do projeto foram publicados diversos artigos científicos que sustentam as motivações e objetivos do projeto, arquiteturas e decisões técnicas, assim como resultados obtidos [46] [47] [48].

Bibliografia

- [1] M. Silva, T. Coelho e M. Moreira, Gestão eficiente da informação nos serviços urbanos de água, 2012.
- [2] G. Bellinger, D. Castro e A. Mills, Data, information, knowledge, and wisdom, 2004.
- [3] P. Reis, J. Gonçalves e P. Rodrigues, O SIG como interligação entre sistemas de informação, 1998.
- [4] M. Silva, J. Vilela e M. Morais, Interligação dos sistemas de informação nos SMAS de Sintra. Contributo na prestação de serviço público de qualidade, 2017.
- [5] T. Lucey, Management Information Systems, 2005.
- [6] P. McKeown, Information Technology and the Networked Economy, 2009.
- [7] S. Shajahan e R. Priyadharshini, Management Information Systems, 2004.
- [8] I. Crawford, Marketing Research and Information Systems, 1997.
- [9] K. Laudon e J. Laudon, Essentials of Management Information Systems, 2011.
- [10] P. Huber, A Theory of the Effects of Advanced Information Technologies on Organizational Design, Intelligence, and Decision Making, 1990.
- [11] J. Orlikowski, The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations, 1992.
- [12] T. Dewett e R. Jones, The Role of Information Technology in the Organization: A Review, Model, and Assessment, 2001.
- [13] J. Bulchand-Gidumal e S. Melián-González, Maximizing the Positive Influence of IT for Improving Organizational Performance, 2011.
- [14] L. Markus e D. Robey, Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research, 1988.
- [15] Y. Levy e J. Ellis, A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research, 2006.
- [16] M. Scarsig, M. Kirchmer e P. Frantz, BPM CBOOK: guide to the business process management common body of knowledge, 2019.

- [17] D. Krafzig, K. Banke e D. Slama, Enterprise SOA - Service Oriented Architecture Best Practices, 2004.
- [18] R. Sprague e E. Carlson, Building Effective Decision Support Systems, 1982.
- [19] Flare, <http://flare.prefuse.org>, visitado em Abril de 2019.
- [20] J. I. Toolkit, <http://thejit.org/>, visitado em Abril de 2019.
- [21] Chart.js, <https://chartjs.org>, visitado em Abril de 2019.
- [22] J. Heer e G. Robertson, Animated transitions in statistical data graphics, 2017.
- [23] Django, <https://www.djangoproject.com>, visitado em Maio de 2020.
- [24] IEEE, 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1998.
- [25] M. Cohn, User Stories Applied: For Agile Software Development, 2004.
- [26] H. Alegre, W. Hirner, J. Baptista e R. Parena, Performance indicators for water supply services, 2000.
- [27] A. Mamade, D. Loureiro, H. Alegre e D. Covas, A comprehensive and well tested energy balance for water supply systems, 2017.
- [28] S. Few, Information Dashboard Design, 2006.
- [29] Bootstrap, <https://getbootstrap.com/docs/4.0/layout/grid/>, visitado em Dezembro de 2019.
- [30] A. Bertolino, Software Testing Research: Achievements, Challenges, Dreams, 2007.
- [31] D. Kuhn, R. Wallace e A. Gallo, Software fault interactions and implications for software testing, 2004.
- [32] C. Barnum, Usability Testing Essentials: Ready, Set...Test!, 2011.
- [33] J. Rubin e D. Chisnell, Handbook of Usability Testing - How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests, 2008.
- [34] B. Shackel, Usability – Context, framework, definition, design and evaluation, 2009.
- [35] Hotjar, <https://www.hotjar.com>, visitado em Junho de 2019.
- [36] Usabilityhub, <https://www.usabilityhub.com/>, visitado em Junho de 2019.
- [37] Crazyegg, <https://www.crazyegg.com>, visitado em Junho de 2019.

- [38] Optimizely, <https://www.optimizely.com>, visitado em Junho de 2019.
- [39] Loop11, <https://www.loop11.com>, visitado em Junho de 2019.
- [40] T. Tullis e W. Albert, Measuring the user experience collecting, analyzing, and presenting usability metrics, 2013.
- [41] S. Carliner, Physical, Cognitive, and Affective: A Three-part Framework for Information Design, 2000.
- [42] P. Smith, Towards a practical measure of hypertext usability, 1996.
- [43] R. Likert, A Technique for the Measurement of Attitudes, 1932.
- [44] J. Nielsen e R. Molich, Teaching user interface design based on usability engineering, 1989.
- [45] R. Molich e J. Nielsen, Improving a human-computer dialogue: What designers know about traditional, 1990.
- [46] C. Grueau, A. Antunes, B. Ferreira, M. Gonçalves, J. Gomes e N. Carriço, Towards an integrated platform for decision support in water utility management, 2019.
- [47] N. Carriço, B. Ferreira, L. Monteiro, A. Mendes, C. Grueau, D. Covas, J. Santos, J. Figueira, M. Baio, R. Barreira, I. Silvestre, R. Isidro, J. Mestrinho, J. Faím, S. Traitolas e P. Chaveiro, Decision support platform for urban water infrastructures, 2018.
- [48] B. Ferreira, A. Antunes, N. Carriço, D. Covas, C. Grueau e A. Mendes, Development of a unified database for integration of water utilities diverse information systems, 2019.

Anexos

Tabela de requisitos funcionais do projecto

Tabela descritiva dos requisitos funcionais do projeto. Cada um dos requisitos é associado a um determinado *user story*, categoria e prioridade.

ID Req.	ID US	Categoria	Designação	Descrição	Prioridade
RF1	US1	Administração e Autenticação	Acesso à plataforma	O SI deve mostrar a todos os utilizadores a página inicial, com o botão “Login” e o botão “Esqueceu-se da password	Alta
RF2	US1	Administração e Autenticação	Recuperação password	O SI deve enviar para o e-mail associado ao utilizador uma nova password de acesso.	Média
RF3	US1	Administração e Autenticação	Controlo de acesso	O SI deve solicitar aos utilizadores registados dados de login válidos: username e password.	Alta
RF4	US1	Administração e Autenticação	Conta de utilizador	O SI deve permitir criar uma conta por EG, com os campos: Username, Password, E-mail Institucional	Alta
RF5	US1	Administração e Autenticação	Alteração de password	O SI deve permitir que o utilizador, após aceder ao sistema, altere a password	Média
RF6	US1	Administração e Autenticação	Password expirada	O SI deve solicitar a alteração da password com uma periodicidade de 6 meses.	Baixa
RF7	US1	Administração e Autenticação	Logout	O SI deve possuir um botão “Logout”, de forma a que o utilizador saia do sistema de forma segura.	Alta
RF8	US2	Aquisição de dados	Consumo de serviços	O SI deve permitir a aquisição de dados das EG, através de serviços REST	Média
RF9	US2	Aquisição de dados	Leitura de ficheiros	O SI deve permitir a aquisição de dados, exportados diretamente dos diversos sistemas das EG	Alta
RF10	US2	Aquisição de dados	Introdução através de formulários	O SI deve permitir a aquisição de dados, através da importação de formulários preenchidos pelas EG	Alta
RF11	US2	Aquisição de dados	Introdução manual	O SI deve permitir que o utilizador insira dados manualmente, relativos a: Balanço Hídrico Balanço Energético	Média

RF12	US2	Tratamento dos dados	Interpretação dos dados adquiridos	O SI deve permitir a conversão dos dados adquiridos para o formato idealizado.	Alta
RF13	US2	Armazenamento dos dados	Armazenamento de dados	O SI deve permitir que os dados tratados sejam armazenados através do consumo de WebServices.	Alta
RF14	US3	Tratamento de dados ERSAR e indicadores	Cálculo do balanço hídrico	O SI deve calcular o balanço hídrico	Média
RF15	US3	Tratamento de dados ERSAR e indicadores	Cálculo do balanço energético	O SI deve calcular o balanço energético	Média
RF16	US3	Tratamento de dados ERSAR e indicadores	Cálculo dos dados ERSAR	O SI deve calcular os dados ERSAR.	Alta
RF17	US3	Tratamento de dados ERSAR e indicadores	Cálculo dos indicadores ERSAR	O SI deve permitir o cálculo dos indicadores ERSAR.	Alta
RF18	US4	Visualização de dados e indicadores	Visualização	O SI deve a visualização de forma gráfica e tabelada	Alta
RF19	US4	Visualização de dados e indicadores	Seleção de dados e indicadores	O SI deve permitir selecionar dados ERSAR e/ou indicadores.	Alta
RF20	US4	Visualização de dados e indicadores	Seleção de limites temporais	O SI deve permitir selecionar os limites temporais do intervalo.	Baixa
RF21	US4	Visualização de dados e indicadores	Seleção da frequência de amostragem	O SI deve permitir selecionar a frequência de amostragem dentro do intervalo.	Baixa
RF22	US4	Visualização de dados e indicadores	Sub-sistemas	O SI deve permitir selecionar subsistemas para relacionar	Alta
RF23	US4	Visualização geoespacial	Representação espacial	O SI deve representar espacialmente o sistema, representando com cores diferentes os diversos sub-sistemas	Média
RF24	US4	Visualização geoespacial	Informação dos sub-sistemas	O SI deve apresentar o comprimento da rede, número de ramais, e de utilizadores domésticos para o sub-sistema selecionado	Baixa
RF25	US5	Simulação hidráulica	Simulação hidráulica	O SI deve permitir a simulação hidráulica do sistema	Média
RF26	US6	Exportação	Exportar dados e/ou indicadores	O SI deve exportar os dados/indicadores selecionados, de forma gráfica ou tabelada	Alta
RF27	US6	Exportação	Exportar a folha ERSAR	O SI deve preencher e exportar a folha ERSAR para cada EG, com os dados disponíveis	Baixa

Resultado dos testes para a métrica de sucesso

Tabela de resultado dos testes de usabilidade para a métrica de sucesso. Esta tabela contém percentagem médias de sucesso, tanto por tarefa, como por utilizador.

Tarefa	0.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	Média (%)
PEG 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PEG 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PEG 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	92
EEI 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	92
EEI 4	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	85
EEI 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	77
EEI 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	85
EEI 9	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	85
EEI 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	85
EEI 12	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	62
EEI 13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
EEI 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Média (%)	100	100	82	76	88	94	94	100	94	88	100	100	76	92

Resultado dos testes para a métrica de tempo

Tabela de resultado dos testes de usabilidade para a métrica temporal. Esta tabela contém valores médios de tempo, tanto por tarefa, como por utilizador.

Tarefa	0.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	Média
PEG 1	30	15	8	22	15	11	25	16	17	14	17	24	37	19
PEG 2	78	106	19	72	18	35	59	42	22	18	15	60	84	48
PEG 3	48	24	23	80	45	35	36	23	30	21	20	66	87	41
EEI 1	60	37	49	43	36	32	43	34	39	21	23	39	41	38
EEI 2	24	49	45	92	28	33	96	65	17	26	21	48	57	46
EEI 3	37	71	15	127	204	25	33	35	29	24	21	35	89	57
EEI 4	16	27	16	104	135	191	47	16	70	38	26	26	61	59
EEI 5	25	64	22	40	78	62	91	21	45	18	29	67	49	47
EEI 6	81	15	13	94	27	39	29	28	38	22	15	36	80	40
EEI 7	78	19	18	104	62	29	67	32	28	27	12	41	73	45
EEI 8	43	43	25	61	58	22	59	33	41	41	14	35	86	43
EEI 9	37	67	44	48	36	16	30	25	19	18	20	49	45	35
EEI 10	39	44	16	126	63	33	72	21	39	31	19	54	65	48
EEI 11	57	106	40	64	81	49	41	27	42	25	55	29	36	50
EEI 12	27	20	22	97	14	18	37	26	39	89	22	77	51	41
EEI 13	27	17	26	61	34	25	23	18	18	14	17	23	64	28
EEI 14	6	37	32	109	84	17	23	13	65	19	26	27	34	38
Média	42	45	25	79	60	40	48	28	35	27	22	43	61	42

Resultado dos testes para a métrica de eficiência

Tabela de resultado dos testes de usabilidade para a métrica de eficiência. Esta tabela contém percentagens medias de eficiência, tanto por tarefa, como por utilizador.

Tarefa	0.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	Média (%)
PEG 1	1,00	0,50	1,00	0,70	-	0,83	1,00	1,00	-	-	1,00	0,50	0,58	81
PEG 2	0,75	1,00	1,00	0,54	-	0,42	1,00	1,00	-	-	0,33	1,00	1,00	80
PEG 3	0,60	1,00	1,00	1,00	-	0,26	0,50	1,00	-	-	1,00	0,67	0,88	79
EEI 1	0,43	0,33	0,80	1,00	-	0,83	0,67	1,00	-	-	1,00	0,33	0,64	70
EEI 2	1,00	0,25	1,00	0,50	-	0,38	1,00	1,00	-	-	0,50	0,29	1,00	69
EEI 3	1,00	1,00	0,80	0,54	-	1,00	0,33	0,67	-	-	0,33	1,00	0,58	73
EEI 4	1,00	0,33	0,67	0,50	-	0,56	1,00	1,00	-	-	0,33	0,67	0,64	67
EEI 5	0,43	1,00	0,57	0,70	-	0,28	1,00	0,50	-	-	1,00	0,50	0,78	68
EEI 6	1,00	1,00	0,40	0,41	-	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00	0,67	0,70	82
EEI 7	0,75	0,33	1,00	1,00	-	0,28	1,00	1,00	-	-	0,33	0,50	1,00	72
EEI 8	1,00	1,00	0,57	0,41	-	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	0,78	88
EEI 9	1,00	1,00	1,00	0,47	-	1,00	0,40	1,00	-	-	0,50	1,00	0,58	80
EEI 10	1,00	0,50	0,67	0,50	-	0,25	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	1,00	79
EEI 11	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,33	0,50	1,00	-	-	1,00	1,00	0,58	84
EEI 12	0,75	0,50	0,40	0,58	-	1,00	1,00	1,00	-	-	0,50	1,00	0,58	73
EEI 13	0,43	0,20	0,57	0,54	-	0,45	1,00	1,00	-	-	1,00	0,33	0,50	60
EEI 14	1,00	1,00	1,00	0,70	-	1,00	0,40	1,00	-	-	1,00	0,67	0,58	84
Média (%)	83	70	79	65	-	64	81	95	-	-	75	71	73	76